



Nye energiteknologier. Forskning, udvikling og demonstration

Baggrundsrapport til Klimakommissionen

Jørgensen, Birte Holst; Münster, Marie

Publication date:
2010

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Jørgensen, B. H., & Münster, M. (2010). *Nye energiteknologier. Forskning, udvikling og demonstration: Baggrundsrapport til Klimakommissionen*. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Klimakommissionen

Rapport

Nye energiteknologier Forskning, udvikling og demonstration

Birte Holst Jørgensen
Marie Münster

Risø DTU
Maj 2010

Forord

Rapporten er udarbejdet som del af det analysegrundlag, som Klimakommissionen anvender til at belyse, hvorledes Danmark på sigt kan frigøre sig fra afhængighed af fossile brændsler i 2050.

Projektleder og hovedforfatter på rapporten er seniorforsker Birte Holst Jørgensen, Risø DTU. Forsker Marie Münster, Risø DTU, har lavet F&U statistik og er medforfatter på kapitel 2 (Offentlige investeringer og organisering) og kapitel 5 (Innovationssystemet for intelligent net).

Arbejdet er gennemført i perioden medio november 2009 til maj 2010. Fra projektets start har en følgegruppe nedsat af Klimakommissionens sekretariat kommenteret på udkast til rapporten. Medlemmer i følgegruppen har været Nicolai Zarganis (sekretariat for Energiteknologisk udviklings- og demonstrationsprogram), Hans Müller Pedersen og Hanne Haarup Thomsen (Forsknings- og Innovationsstyrelsen), Kim Behnke og Inger Pihl Byriel (Energinet.dk) og Lykke Mulvad Jeppesen og Ditte Lauritzen (Finansministeriet).

Foruden følgegruppen har en række kolleger fra Risø DTU og DTU kommenteret på kapiteludkast – Peter Juhler Jensen, Peter Meibom, Søren Siggaard Knudsen, Allan Schrøder Pedersen, Stephanie Ropenus, Hans Larsen og Mads Borup.

Rapporten, dens konklusioner og anbefalinger står for Konsulentens egen regning.

Indhold

Forkortelser	5
1. Sammenfatning, resultater og anbefalinger	6
1.1 Formål	6
1.2 Resultater	7
1.3 Anbefalinger	10
2. Nye energiteknologier: Videnproduktion og –spredning	14
1.5 Energiteknologiske innovationer	14
1.6 Prioritering og videnproduktion	17
1.7 Vidensspredning gennem offentlig-privat samspil	20
1.8 Videndeling på tværs af grænser	23
Øget international konkurrence og samarbejde	23
Bottom-up rammevilkår	23
Top-down rammevilkår	24
Bedre rammer for internationalt samarbejde	25
1.9 Samspil med det europæiske forskningsrum	26
1.10 Sammenfatning	28
2 Offentlige investeringer og organisering indenfor energi FUD	30
2.1 Udvikling i de offentlige FUD investeringer	30
2.2 Internationale analyser over FUD investeringsbehov	32
2.3 Organisering af Energiforskningsprogrammer	35
2.4 Koordinering og samspil	39
2.5 Sammenfatning	43
3 Innovationssystemet for vind	44
3.1 Teknologiske trends	44
3.2 Markeder og erhverv	46
3.3 Aktører og samspil i innovationssystemet	48
Aktører	48
Rammer for markedsudvikling i DK	49
Prioritering	50
De offentlige FUD Investeringer	51
Samspil	53
Internationalt samspil	55
3.4 Sammenfatning	56
4 Innovationssystemet for brint og brændselsceller	58
4.1 Teknologiske trends	58
Transport og infrastruktur	59
Stationære anlæg og kraftvarmeanlæg	60
Produktion, distribution og lagring af brint	61
4.2 Markedspotentiale	61
4.3 Aktører og samspil i innovationssystemet	63
Aktører	63
Rammer for markedsudvikling i DK	64
Prioritering	65
De offentlige FUD Investeringer	66
Samspil	67
Internationalt samspil	68

4.4	Sammenfatning	69
5	Innovationssystemet for det intelligente net (SmartGrids)	71
5.1	Hvad er SmartGrids?	71
5.2	Teknologiske trends og udviklingsbehov	73
5.3	Markedsudvikling og -rammer	76
5.4	Innovationssystemet	77
5.5	Sammenfatning	85
6	Konklusion og anbefalinger	87
	Litteratur	92
	Appendiks A – Oversigt over danske FUD programmer	96
	Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram	96
	Det Strategiske Forskningsråd	96
	Energinet.dk	97
	Højteknologifonden	97
	Elforsk	98
	Green Labs DK	98
	Appendiks B	99

Forkortelser

CBS	Copenhagen Business School
CCS	CO ₂ fangst og lagring (Carbon Capture and Sequestration)
DEA	Danmarks ErhvervsforskningsAkademi
DHI	Dansk Hydraulisk Institut
DI	Dansk Industri
DSF-PK	Det Strategiske Forskningsråds Program Komite
DSO	Distributed System Operator
DTU	Danmarks Tekniske Universitet
EERA	European Energy Research Alliance
EFP	Energi Forskningsprogram
EII	European Industrial Initiative
ENTSO-E	European Network for Transmission System Operators for Electricity
ERA	European Research Area
ETI	Energy Technology Institute
ETI	European Technology Institute
EUDP	Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram
FI	Forsknings- og Innovationsstyrelsen
FCH-JTI	Fuel Cells and Hydrogen - Joint Technology Initiative
FUD	Forskning, Udvikling og Demonstration
GTS	Godkendt Teknologisk Service Institut
GWEC	Global Wind Energy Council
IEA	International Energy Agency
IKT	Informations- og kommunikationsteknologi
JTI	Joint Technology Initiative
KE Min	Klima- og Energiministeriet
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cells
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell
REFU	Det Rådgivende Energiforskningsudvalg
PSO	Public Service Obligation
RTI	Rådet for Teknologi og Innovation
SET-Plan	Strategic Energy Technology Plan
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
TSO	Transmission System Operator
UPS	Uninterruptible Power Supply
UVE	Udviklingsprogrammet for Vedvarende energi
VTU	Ministeriet for Videnskab, Teknologi og udvikling
WB	World Bank

1. Sammenfatning, resultater og anbefalinger

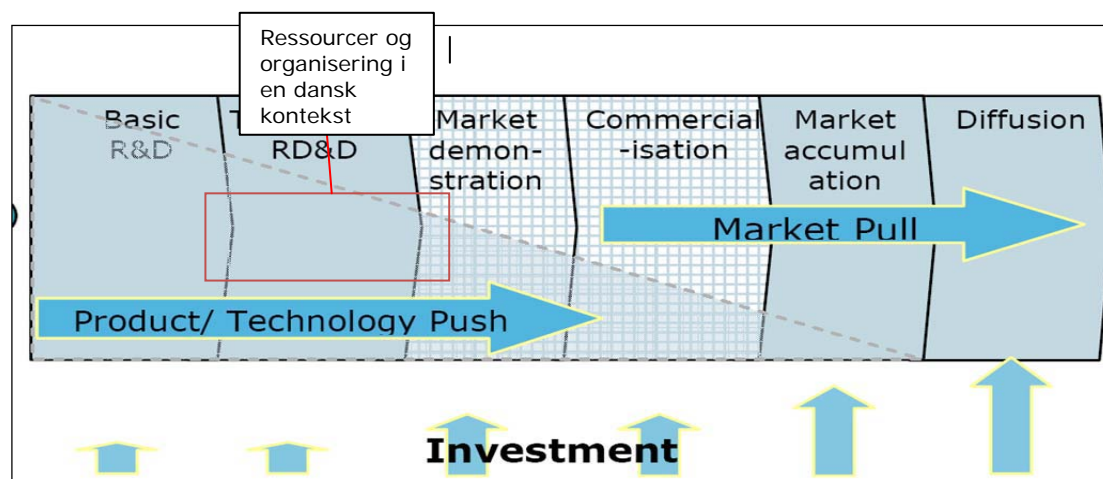
1.1 Formål

Rapporten ”Fremtidens energi uden fossile brændsler: Forskning, udvikling og demonstration i et internationalt perspektiv” analyserer og kommer med forslag til, hvordan en strategisk indsats indenfor energiteknologiudvikling kan tilrettelægges og sammen med andre markedsfremmende virkemidler bidrage til at realisere visionen om et energisystem uden fossile brændsler i Danmark i 2050:

1. Hvor stort er investeringsbehovet for forskning, udvikling og demonstration per år fordelt på offentlige og private investeringer?
2. Hvordan kan indsatsen bedst muligt organiseres, således at danske energiteknologiske spidskompetencer vedligeholdes og styrkes?

Fokus og samspil med andre faser i den samlede værdikæde for videnudvikling og samspillet mellem teknologi- og markedsfremmende tiltag illustreres i figur 1. Det er den intelligente kombination af teknologi- og markedsfremmende mekanismer, der sikrer en effektiv udvikling og markedsintroduktion af nye energiteknologier.

Figur 1: Værdikæde for teknologiudvikling og markedsudbredelse



Kilde: EU Commission, SEC(2009) 1296: 10.

Overgangen til et energisystem uden brug af fossile brændsler vil kræve en langsigtet indsats, som både fordrer en effektiv udbredelse af eksisterende teknologier og udvikling af helt nye teknologier og løsninger.

Mere end 30 års fokus på udvikling af effektive energisystemer, energibesparelser og vedvarende energi i Danmark har betydet, at der er udviklet kompetencer indenfor udvikling og implementering af energiteknologier. Det har skabt konkurrencedygtige energiteknologi-industrier i verdensklasse, internationalt ledende kompetence- og videnmiljøer og økonomisk vækst. Eksempelvis udgør eksporten af dansk energiteknologi og -udstyr en voksende del af den danske vareeksport med 11,6% af eksporten i 2009.

Men en voksende global konkurrence på markedet for nye energiteknologier og løsninger udfordrer danske styrkepositioner. Danske virksomheders evne til også fremover at klare sig på globale markeder fordrer en kontinuerlig, målrettet og

strategisk energiteknologisk indsats. En indsats, der kombinerer en ambitiøs investeringsvillighed med prioritering af indsatsen, koordination og samordning mellem offentlige ordninger indenfor forskning, udvikling og demonstration (FUD), offentlig-privat samspil og internationalt samarbejde.

1.2 Resultater

Rapporten er opdelt i tre analytiske hoved-dele samt et afsluttende kapitel med anbefalinger.

- **Første del** beskriver nogle grundlæggende rationaler for udvikling og spredning af viden og henviser til de risiko- og usikkerhedsfaktorer, der ofte er forbundet med innovation. Afsnittet indeholder en kategorisering af forskellige energiteknologier og fremhæver nødvendigheden af at prioritere FUD indsatsen indenfor de områder, som har størst relevans for en bæredygtig udvikling af energisystemet og styrkelse af danske virksomheders konkurrenceevne. Endvidere fremhæves betydning af offentlig-privat samspil og internationalt samarbejde. Europæisk energiteknologisk samarbejde beskrives særskilt.
- **Anden del** beskriver udviklingen i de offentlige investeringer i forskning, udvikling og demonstration i Danmark og de lande, som vi normalt sammenligner os med. Desuden gennemgås forskellige internationale analyser vedrørende de fremtidige investeringsbehov og vigtigheden af kontinuitet og forudsigelighed i [offentlige] investeringer. Viften af danske energiforskningsprogrammer i regi af Klima- og Energiministeriet og Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling analyseres, herunder hvordan de støtter forskellige faser i værdikæden. De eksisterende og velfungerende koordinerings- og samordningstiltag beskrives, men også den kritik der har været rejst fra flere sider.
- **Tredje del** indeholder tre illustrationer over forskellige energiteknologier og de innovationssystemer, som de udvikles i. De tre innovationssystem cases indenfor vind, brint og brændselsceller og intelligent net illustrerer vilkår, dynamik og diversitet i energiteknologisk udvikling. De er valgt, fordi de repræsenterer forskellige grader af modenhed, teknologisk og systemisk. Valget er således ikke udtryk for prioritering af disse frem for andre teknologier som f.eks. bioenergi, energieffektivisering, marinteknologi eller geotermisk energi.

Eksempler på illustrative og relevante internationale cases er indsat i tekst bokse under de enkelte afsnit.

Et afsluttende afsnit indeholder anbefalinger til investeringsniveau og organisering af en dansk FUD indsats, der kan bidrage til gøre det danske energisystem fri for fossile brændsler i 2050.

Del I: Nye energiteknologier: Videnproduktion og -spredning

- En omfattende omstilling af energisystemet må tage udgangspunkt i den forsyningsmæssige, markedsmæssige/økonomiske og tekniske kompleksitet, der kendetegner det eksisterende og i mange henseender velfungerende system. Denne overgang kræver en ambitiøs og langsigtet indsats.
- Fremtidens energisystem vil bestå af en række forskellige teknologier og løsninger tilpasset forskellige formål og behov. Derfor skal der sættes på

- Energiteknologisk innovation er forbundet med stor risiko og usikkerhed, som aftager med markedsmodningen. De offentlige støttemekanismer må derfor indrettes på dette, samtidig med at der sikres en smidig overgang fra fase til fase.
- En effektiv og strategisk indsats indenfor forskning, udvikling og demonstration (FUD) må afveje forskellige hensyn og interesser, og kun gennem en bredt anlagt proces er det muligt at identificere og opbygge robuste prioriteringer for FUD indenfor og på tværs af teknologiske områder.
- Offentlig-private partnerskaber skaber gensidig dynamik i videndeling og styrker deltagernes videnkompetencer, resultater og produktivitet. Men der er fortsat lille dokumenteret viden om, hvor stort potentialet for partnerskaber er, og om de rette betingelser er til stede for at udvikle synergi i partnerskabet.
- Mange større virksomheder og forskningsinstitutioner har en lang tradition for internationalt forskningssamarbejde, og de eksisterende virkemidler har primært fokuseret på denne bottom-up tilgang til internationalisering. Men der er øget fokus på at supplere disse med målrettede top-down initiativer og virkemidler, der styrker danske prioriteringer, interesser og samspil med ledende og relevante internationale forskningsmiljøer.
- Det indre marked for viden i Europa – European Research Area (ERA) – er under udvikling. EU har sammen med en række energipolitiske tiltag lanceret en samlet strategisk energiteknologisk plan, den såkaldte SET-Plan, der over en ti-årig periode indenfor en række teknologier skal sikre en koordineret og samordnet europæisk FUD indsats med angivelse af investeringsbehov. Der skal udvikles en samlet dansk plan for, hvordan den danske FUD indsats bedst synkroniseres, positioneres og samordnes med SET-Planen og de øvrige ERA-tiltag.

Del II: Offentlige investeringer og organisering indenfor energi FUD

- Indenfor de seneste år er de offentlige energi FUD investeringer steget ganske betydeligt og er på over 1 mia. kr. i 2010.
- Som led i en grøn erhvervsklimastrategi er der yderligere tilført 210 mio. kr til Green Labs DK i perioden 2010-2012 under Klima- og energiministeriet.
- De offentlige FUD investeringers andel af BNP har de senere år været stigende og er i 2008 på 0,04% af BNP. Det er under Japan og Finland med 0,08%, men over f.eks. USA (0,03%) og Tyskland (0,017%). I 2010 forventes andelen af FUD investeringer at blive ca. 0,07% af BNP, hvilket overstiger den hidtil højeste danske investering på 0,05% af BNP i 1979.
- På trods af stigende offentlige FUD investeringer er der stor usikkerhed om det fremtidige FUD investeringsniveau. Det gælder i særdeleshed midlerne til EUDP. Denne kortsigtede beslutningspraksis er ikke hensigtsmæssig i en strategisk energiteknologisk indsats, der skal bidrage til den fremmeste viden, styrke danske teknologiproducenters internationale konkurrenceevne og resultere i konkrete løsninger på forsynings- og miljømæssige udfordringer. Det tager tid at opbygge FUD-miljøer, og det ville være særdeles problematisk med et finansielt tomrum mellem F&U og markedsintroduktion.
- Danske offentlige energi FUD investeringer udgør en stigende del af OECD landenes energi FUD og er på ca. 1%. Det betyder ikke desto mindre, at dansk videnproduktion er lille i en global kontekst, især de stigende FUD investeringer i vækstøkonomierne taget i betragtning.
- OECD/IEA-landenes offentlige FUD investeringer viser store udsving og er i 2008 ikke på niveau med den indsats, der var i 1980. Analyser over niveauet for fremtidige energi FUD investeringer har forskelligt udgangspunkt og anvender

forskellige metoder, men samstemmende understreges betydningen af stabile investeringer, der sammen med andre markedsfremmende mekanismer kan udvikle og markedsmodne nye teknologier indenfor de næste årtier. De private investeringer estimeres [konservativt] til at være på samme niveau som de offentlige. Internationale analyser anbefaler at øge de årlige offentlige FUD investeringer med en faktor 2-4.

- Der er med det nye Green Labs DK ni forskellige programmer og fonde, der støtter energi FUD i Danmark. Programmerne har forskelligt fokus og understøtter forskellige faser i energiteknologiernes værdikæde. Siden 2004 har en væsentlig koordineringsmekanisme været kravet om forskningsfaglig vurdering af projekter udenfor forskningsrådssystemet. Dertil kommer en række administrative koordinerings- og samordningstiltag, ligesom der findes en vis arbejdsdeling i forhold til europæisk samspil på det strategiske og programforberedende plan. Der findes kun sporadiske tiltag til koordinering af programmer i form af fælles opslag og koordinering af programmernes virkemidler. Det nuværende system kritiseres af nogle for at være fragmenteret, uoverskuelig, og flere organisationer har stillet forslag om en re-organisering af programmerne.
- Udfordringen er - uden store institutionelle ændringer - at lave en effektiv koordinering og samordning, der sikrer en kontinuerlig, ambitiøs og profileret indsats indenfor prioriterede teknologiområder. En anden udfordring er at udvikle en samordnet indstilling til mål og rammer for offentlig-private partnerskaber i en national og international indsats, ikke mindst i forhold til SET-Planens industri initiativer.

Del III: Illustrationer over tre forskellige teknologier og de innovationssystemer, inden for hvilke de udvikles

Udviklingen af et fremtidigt energisystem bestemmes ikke alene af de tekniske og økonomiske karakteristika for en given teknologi, men også af det innovationssystem, hvori teknologien udvikles. Tre innovationssystem cases indenfor vind, brint og brændselsceller og intelligent net illustrerer vilkår, dynamik og diversitet i energiteknologisk udvikling. De repræsenterer diversitet i form af teknologisk og systemisk modenhed. Det skal derfor understreges, at valget af disse tre cases ikke er udtryk for en prioritering af disse teknologier, men at andre teknologier lige så vel kunne være analyseret, f.eks. bioenergi, energieffektivisering, marinteknologi eller geotermisk kraft.

Analyserne viser generelt følgende:

- Det energiteknologiske innovationssystem er generelt godt udviklet i Danmark. I alle tre cases er der en stor, engageret skare af offentlige og private aktører, aktiviteter er betydelige og relevante og ofte internationalt orienteret. Det er et system, der både indeholder markedsnære teknologier underlagt et konstant optimeringspres, mere langsigtede teknologier og et helt nyt styringskoncept for energisystemet. Den internationale konkurrence er hård, kommercielt og videnskabeligt, og traditionelle danske styrkepositioner er under pres.
- Der er for alle tre områder en stor grad af **strategisk orientering** for FUD-indsatsen, og nationale strategier er udarbejdet eller er under udarbejdelse. Og selvom strategierne ikke redegør for internationalt samspil, er de mere eller mindre eksplicit i indgreb med internationale prioriteringer på området (SET-Plan). Der er dog ingen tvivl om, at opdaterede FUD strategier med et klart internationalt perspektiv vil give danske innovationsaktører bedre muligheder for at skærpe FUD indsatsen yderligere og samtidig positionere sig internationalt, ikke mindst i forhold til SET-Planen.

- De **offentlige FUD investeringer** er for vind og brændselsceller & brint betydelige, men udgangspunktet er forskelligt med vindenergi som et kommercielt produkt og brændselsceller og brint på udviklingsniveau. For intelligent net findes der ikke god statistik, men der er iværksat en lille, men robust portefølje med nogen FUD-finansiering. Et kontinuerligt og højt investeringsniveau er for alle særdeles vigtigt for også fremadrettet at udvikle stærke kompetencemiljøer og konkurrencedygtige teknologier og løsninger.
- Det **offentlig-private samspil** er veludviklet, dynamisk og afgørende for udvikling af kompetencer og konkurrenceevne. For vind findes der en velkonsolideret industriklynge, for brændselsceller & brint er industrien lille men i tæt samspil med forskningsmiljøerne, og det intelligente net er under udvikling men med afsæt i det tætte samspil i den traditionelle energisektor. Samspillet er konstant under udvikling, og med stigende global konkurrence på viden, kompetencer og produkter udfordres innovationssystemerne. Det stiller krav om kontinuerlig optimering af rammebetingelser, der skaber den bedste synergi og udbytte i samspillet.
- **Internationalt samspil** er der i alle cases, især på det strategiske niveau. Indenfor vind og brændselsceller er der store internationale FUD-projekter, mens intelligent net parallelt med liberaliseringen af energimarkederne har lagt afgørende spor for internationale FUD-projekter. Men den internationale konkurrence på kompetence, viden og talenter stiller alle tre innovationssystemer overfor enorme udfordringer, hvordan angår rammer og vilkår for optimalt internationalt samspil og synergi i videnudvikling og -spredning.

1.3 Anbefalinger

Med udgangspunkt i analysen peges der på seks konkrete anbefalinger til en målrettet og sammenhængende indsats for styrkelse af danske kompetencer og viden indenfor nye energiteknologier og løsninger:

En national strategisk energiteknologisk plan

Det er nødvendigt, at Danmark udvikler en samlet national plan for udvikling af nye energiteknologier og løsninger – en dansk pendant til den europæiske strategiske energiteknologiske plan, SET-Planen. Det er godt, men ikke tilstrækkeligt, at der er udarbejdet strategiplaner og roadmaps for individuelle nye teknologier. Disse kan i en opdateret og synkroniseret udgave udgøre vigtige byggesten i en samlet national strategi. Strategien skal angive hoved indsatsområder af relevans for udvikling af et sikkert og velfungerende energisystem fri for fossile brændsler samt forretningsmæssige muligheder for dansk energiteknologiindustri. Strategien skal angive strategiske forskningsplaner, demonstrations- og testplaner og implementering for de centrale teknologier, hvor nogle naturligt er mere udviklede end andre og derfor fordrer diversitet i indsatsen.

Strategien skal samtidig angive, hvordan det internationale samspil bedst muligt styrker danske kompetence og videnmiljøer. Det vedrører i særskilt grad samspillet med SET-Planen og dens bærende institutioner – European Energy Research Alliance og European Industrial Initiatives. Regionale trædesten som f.eks. Nordisk Energiforskning, det nordiske Topforskningsinitiativ og velfungerende ERA-net bør også indgå i vurderingen. Samspillet med tredje lande uden for EU, hvor danske virksomheder og udviklingspolitiske myndigheder har interesse, skal også tages i betragtning.

Strategien skal angive det samlede investeringsbehov – offentligt og privat i størrelsesorden 1:1 – for at realisere teknologiplanen. Investeringsbehovet skal så vidt muligt matche det detaljeringsniveau, der ligger i SET-Planen.

Strategien bør ledes af energisektoren og skal inddrage alle betydende aktører i det danske energiteknologiske innovationssystem – energiproducenter, systemoperatører, handelsselskaber, store og små forbrugere, universiteter, GTSere, regionale erhvervs- og udviklings aktører og myndigheder. Processen bør tilrettelægges, så der skabes ejerskab samtidig med, at der udvikles et gennearbejdet, afstemt og operationelt strategi-dokument indenfor 3-4 måneder.

En hurtig og effektiv gennemførelse af strategiprocessen kan sikres gennem etablering af et fælles sekretariat med medarbejdere og budget fra de danske FUD-programmer.

Væsentlig styrkelse af koordinering og samspil mellem programmer

Den eksisterende og velfungerende koordinations- og samordningsarena mellem de danske energi FUD-programmer danner udgangspunkt for en væsentlig styrkelse af en samordnet og koordineret indsats indenfor hele værdikæden, fra forskning til markedsintroduktion. Udover en fortsat administrativ koordinering mellem programmernes opslag, information og kommunikation er væsentlige mekanismer for en sådan styrket samordning og koordinering følgende:

- Udvikling af joint programming på tværs af programmer med fælles calls, udvikling af fælles virkemidler (projekttyper), review, opfølgning mv. En sådan aktivitet fordrer en godkendelse og aktiv opbakning fra diverse program bestyrelser.
- Udvikle en fælles finansieringsramme for offentlig-private partnerskaber, hvor forskellige program midler pooles for at sikre tilstrækkelig offentlig finansiering til mindst et partnerskab indenfor hvert af de mest betydende teknologiområder i Danmark. En sådan ordning kan tilrettelægges på en pragmatisk måde, der respekterer de enkelte programmets beslutningskompetencer og samtidig ikke øger de administrative byrder for bevillingsmodtagerne.
- Etablering af en fælles analyse- og evalueringsindsats, der kan udnytte stordriftfordele, skabe kritisk masse, erfaringsopsamling og læring i program-administrationerne og derved sikre en optimeret og innovativ offentlig indsats. Aktiviteter vil typisk kunne omfatte metodeudvikling og kort- og langsigtede resultat- og effektanalyser på mikro, meso og makro niveauer.

Sådanne samordningsaktiviteter vil styrke og profilere en samlet dansk FUD indsats overfor danske og internationale viden- og kompetence miljøer samt virksomheder, der ønsker at udvide eller etablere F&U afdelinger i Danmark under forudsætning af gode, effektive og ambitiøse rammebetingelser for videnudvikling.

Sådanne tiltag vil også bidrage til at generere en samlet dokumentation til politiske beslutningstagere om, hvad der kommer ud af offentlige FUD investeringer. Det i sig selv kan bidrage til at sikre større folkelig forståelse for en kontinuerlig og ambitiøs energiteknologisk indsats, også indenfor de mere grundlæggende forskningsområder.

Samfundsvidenskabelig forskning i energisektoren

Som led i overgangen til et helt nyt energisystem er der stort behov for ny viden, kompetenceopbygning og bedre forståelse for energisektoren, geopolitiske forhold indenfor energi, energi- og klimapolitikken, rammer for energiteknologiske innovationer, globale energi- og energiteknologiske markeder, IPR, offentlig accept mv. Den samfundsvidenskabelige forskning i energisektoren har i en årrække ikke været højt prioriteret i de danske energi FUD programmer. Der er dog en stigende erkendelse i energisektoren, industrien, akademiske kredse og blandt myndigheder, at en dybere forståelse for samspillet mellem markeder, teknologier og samfund er afgørende for udvikling af fremtidens energisystem. Samfundsvidenskabelig forskning bør derfor styrkes særskilt og komplementeres derved de samfundsvidenskabelige komponenter i de teknologiske projekter. Prioriteringen bør afspejles i FUD strategier og budgetter.

Fremtidige offentlige og private investeringer

Det fremtidige investeringsniveau bør afspejle graden af de samfundsmæssige udfordringer, der er knyttet til overgangen til et helt nyt energisystem, der er uafhængigt af fossile brændsler i 2050. Det nuværende niveau på 0,07% af BNP er højt, men næppe tilstrækkeligt til tids nok at udvikle konkurrencedygtige og pålidelige nye energiteknologier. Den nationale energiteknologiske strategi bør indikere det samlede investeringsbehov samt investeringsbehov fordelt på hovedteknologiområder og opdelt på forskning og demonstration. Investeringsbehovet bør også ses i relation til SET-Planen. Et niveau på 0,1% af BNP svarer til en offentlig investering i 2030 på 2,2 mia kr og 3,2 mia kr i 2050. Alt sammen i 2008-priser.

Udover et ambitiøst niveau er det lige så vigtigt at sikre kontinuitet og klarhed i de fremtidige offentlige FUD investeringer. Stop-go tendenser i de offentlige støtteprogrammer bør undgås, da det har særdeles negative konsekvenser på udvikling og opbygning af konkurrencedygtige videncenter. Forskning, udvikling og demonstration tager tid og fordrer gode og forudsigbare rammebetingelser. Det vil samtidig øge private aktørers villighed til at investere i de markedsnære aktiviteter.

Robusthed i de offentlige investeringer kan tilvejebringes gennem anvendelse af forskellige finansieringsmekanismer – finanslovsbevillinger, PSO-ordninger, statslige lånegarantier og væksthjælpe. Mens DSF og EUDP begge får tilført midler på finansloven, bliver PSO-programmerne – ForskEL, ForskVE og Elforsk – finansieret gennem et politisk bestemt tillæg på el-tariffen. En fremtidig robust offentlig investeringsindsats kan med fordel tilvejebringes gennem flerårige finanslovsbevillinger til DSF og EUDP kombineret med en forhøjelse af PSO-ordningerne og en tentativ fordeling på 1/3 af midlerne til hver ordning. I den forbindelse kan indførelsen af en PSO-ordning for fjernvarme overvejes. I lyset af den økonomiske situation kunne overvejes først at forhøje PSO-afgiften og siden øge bevillingerne til EUDP og DSF.

Øget internationalt fokus i programmerne

I dag er der forskellige rammer for, hvor mange midler programmer kan anvende til internationalt samarbejde, f.eks. deltagelse i internationale joint programming. I DSFs lovgrundlag er det muligt at anvende op til 20% af programmidlerne til internationalt samarbejde. En tilsvarende mulighed bør gøres gældende for de andre programmer.

Effekten af denne indsat vil være mulighed for at programmerne kan gå aktivt ind i internationalt program samarbejde med anseelige beløb. Det skaber mulighed for at designe programmer og calls med andre lande, med hvilke der vil være fælles interesser og relevante videnmiljøer. Samtidig vil det på mange måder kunne øge programmernes generelle koordinerings- og samordningsevner.

Systematisk analyse af kompetence- og uddannelsesindsats indenfor energisektoren

Rapporten har kun sporadisk beskæftiget sig med behovet og efterspørgslen efter uddannet arbejdskraft og kompetenceudvikling i energisektoren. Især i de mere udviklede energiteknologiindustrier som f.eks. vind er der et udpræget behov for at sikre den nødvendige og kompetente arbejdskraft til udvikling af Danmark som et førende kompetence- og testcenter for nye energiteknologier og løsninger. Der er kommet en række mellem- og videregående uddannelser indenfor flere teknologiområder, men der er behov for en grundig analyse over kompetence- og uddannelsesindsatsen indenfor energisektoren. Den bør omfatte alle relevante uddannelser omfattende erhvervsuddannelser, mellem- og videregående uddannelser, forskeruddannelse, efteruddannelse mv. Med den stigende internationalisering og danske virksomheders etablering af F&U afdelinger på udenlandske markeder og internationale virksomheders placering af F&U afdelinger i Danmark, er der generelt behov for at analysere, hvordan danske uddannelser kan tage højde for dette, og hvilke strategier danske uddannelsesinstitutioner kan forfølge i et mere og mere globalt uddannelseslandskab.

2. Nye energiteknologier: Videnproduktion og –spredning

Dansk energiforskning er internationalt anerkendt, og danske virksomheder er langt fremme med hensyn til udvikling af nye energiteknologier og produkter. Det skaber grundlag for en kontinuerlig udvikling af det danske energisystem og bidrager til udvikling af konkurrencedygtige industrier og økonomisk vækst. For at fastholde og udbygge Danmarks position indenfor viden og udvikling af nye energiteknologier og løsninger er det nødvendigt at understøtte eksisterende og opbygge nye stærke videnmiljøer (VTU, 2009: 7; Megavind, 2007: 4-5; Regeringen 2009: 7). En strategisk energiteknologisk indsats vil være helt afgørende for danske videnmiljøers og virksomheders fortsatte konkurrenceevne på et konkurrencepræget globalt marked.

Dette kapitel indeholder tre afsnit:

- **Energiteknologiske innovationer** beskriver nogle grundlæggende rationaler for, hvordan viden udvikles og spredes, samt hvilke risiko- og usikkerhedsfaktorer der er forbundet med innovation. Afsnittet indeholder også en kategorisering af energiteknologier ud fra deres modenhed.
- **Videnproduktion** beskriver en række dilemmaer forbundet med produktion af viden og nødvendigheden af en prioriteret FUD indsatsen.
- **Videndeling** indeholder dels offentlig-privat samspil dels internationalt samarbejde. Europæisk energiteknologisk samarbejde beskrives i et selvstændigt afsnit.

1.5 Energiteknologiske innovationer

Ganske som anden innovation er energiteknologisk innovation skabelse, erhvervelse, kombination, udnyttelse og anvendelse af viden (Olesen Larsen, 2005: 19-20). Energiteknologisk innovation er altså processer, der leder til nye eller forbedrede energiteknologier, der kan øge energiressourcerne, forbedre kvaliteten af energitjenester og reducere de økonomiske, miljømæssige og politiske omkostninger forbundet med energiforsyning og –forbrug (Anadon & Holdren, 2009: 97).

Energiteknologisk innovation er karakteriseret ved dynamisk forskning, udvikling, demonstration og udbredelse med multiple interaktioner på tværs af værdikæden. Man skelner mellem forskellige typer af innovation: Inkrementelle innovationer er løbende små forbedringer og videreudvikling af eksisterende produkter og processer. Radikale innovationer drejer sig om helt nye produkter og processer og er ofte resultat af målrettede FUD aktiviteter.

Kendetegnende for innovation og innovationsprocesser er en række risiko- og usikkerhedsfaktorer (Borup et al, 2009: 34-35):

- For det første er det vanskeligt at tids- og stedsbestemme innovationer, idet innovationer ofte er resultater af kumulative processer. Eksempelvis er det vanskeligt at identificere præcist, hvornår og hvor specifikke innovationer har fundet sted indenfor brændselsceller, siden den tyske videnskabsmand C.F. Schönbein opfandt de grundlæggende principper tilbage i 1838.
- For det andet er innovation præget af usikkerhed og uforudsigelighed, hvor ikke alle innovationer bliver succesfulde i hverken teknologisk, markedsmæssig eller økonomisk forstand. Eksempelvis havde USA i lyset af

den iranske revolution i 1979 store forventninger til udvikling af syntetiske brændsler, men af flere årsager er disse ikke blevet nogen succes¹.

- For det tredje varierer muligheder og vilkår for innovation fra sektor til sektor og fra branche til branche. Innovationsprocesser foregår ofte i en specifik kontekst, hvor eksisterende kompetencer og vilkår præger virksomheders innovative formåen. Der er f.eks. stor forskel på udvikling af CO₂ fangst og lagring (CCS) i tilknytning til centraliserede kraftvarmeværker, og så udvikling af små distribuerede mikrokraftværker baseret på brændselsceller – aktører, kompetencer og processer er vidt forskellige.
- For det fjerde er innovation systemisk og foregår på mange niveauer. Innovation finder sted på system- og på komponentniveau og vedrører processer, produkter og tjenesteydelser. Innovation afhænger af interaktion og feedback mellem de involverede aktører og bygger ofte på stabile og langsigtede relationer mellem aktørerne. De tre innovationssystemstudier i rapporten kommer med konkrete eksempler på dette.

Særligt for energiteknologier og –systemer gælder en udpræget grad af konservatisme og de små skridts transformationer. Kapitalomkostninger er ofte høje og tilbagebetalingstiden tilsvarende lang - et kraftværk har en levetid på 30-40 år, vindmøller 25 år og vandkraft over 100 år. Tilsvarende er den understøttende infrastruktur kapitalkrævende og underlagt det evige høne-æg dilemma, om hvorvidt store infrastrukturinvesteringer betinger en effektiv fuld skala introduktion af nye teknologier eller vice versa. Selvom dele af energisektoren er blevet liberaliseret, er det en sektor, hvor forsyningssikkerhed, el-kvalitet (krav til spænding, frekvens, pålidelighed, styring) og regelstyring spiller en særdeles stor rolle, og hvor politiske beslutninger fundamentalt kan ændre markedsbetingelserne. Samtidig er (fossil) energi som vare underlagt store prisfluktuationer og skaber yderligere usikkerhed i investeringer i nye teknologier (Anadon & Holdren, 2009: 91).

En omfattende omstilling af energisystemet må derfor tage udgangspunkt i den forsyningsmæssige, markedsmæssige/økonomiske og tekniske kompleksitet, der kendetegner det eksisterende og i mange henseender velfungerende energisystem. Hertil kommer, at nye energiteknologier endnu ikke er konkurrencedygtige og pålidelige med de konventionelle teknologier i energisystemet. Videnmæssigt skal der satses på en vifte af forskellige konkurrerende teknologier.

EU SET-Plan har kategoriseret teknologierne i tre forskellige grupper afhængigt af deres udviklingsstade, nærhed til markedet og FUD investeringsbehov. Grupperingen er et statisk billede på den aktuelle teknologiudvikling og tager derfor ikke højde for eventuelle teknologiske gennembrud eller gennemgribende reguleringsmæssige mekanismer (SEC(2009)1297: 12).

¹ Der er rejst kritik af, at der blev opstillet mål for produktionsvolumen indenfor en kort tidshorisont. I en markedssituation med volatile priser på fossil energi skaber det ikke det fornødne strategiske perspektiv i udvikling af en risikobetonet teknologi (Anadon & Nemet, 2009).

Tabel 1: Oversigt over tre grupper af teknologier

	Gruppe 1: Tæt på konkurrencemæssige markedsvilkår	Gruppe 2: Nye teknologier på vej mod markedsintroduktion	Gruppe 3: Nye teknologier under udvikling
Innovations-status	Markedet eksisterer. Bedre performance og omkostnings-reduktion gennem inkrementel innovation, større markedsandele og understøttet af FUD	Marked under udvikling. Teknologiuudvikling gennem forstærket innovationstiltag (ofte baseret på fuld skala demonstrationer) og kombineret med yderligere forskning	Langt fra markedet Teknologiuudvikling gennem FUD baserede innovations-tiltag, pilotanlæg og fuld skala demonstrations projekter
Teknologisk modenhed	Høj. Begrænset risiko og stor grad af markedssucces. Attraktiv for industri og energisektor	Medium. Usikkerhed om FUD investeringer fører til markedssucces. Begrænset interesse for private investorer.	Lav. Stor risiko og usikkerhed forbundet med teknologien og markedspotentiale. Begrænset interesse for energisektor investeringer
Tidshorisont	Kort	Medium	Lang
Up front FUD investeringer	Medium. Yderligere tilpasning af infrastruktur nødvendigt	Relativt højt. Yderligere FUD nødvendigt samt tilpasning og forstærkning af eksisterende infrastruktur.	Relativt højt. Inkluderer stort FUD behov og signifikant teknologitilpasning og understøttende infrastruktur.
Teknologier	Energi-effektivisering i bygninger, transport og erhverv; landvind, solvarme, solceller (cSi), transmission, III generation fission	Havvind, solceller (thin film), koncentreret solkraft, CCS, 2. generation biodrivstoffer, distribution	IV generation fission, brintbiler, bølgekraft, geotermisk kraft

Kilde: tilpasset efter EU Commission, SEC(2009) 1297: 13

Den **første gruppe** er kendetegnet ved teknologier, som er tæt på at kunne konkurrere på markedsmæssige vilkår, men hvis performance og pris kan forbedres gennem større produktionsvolumen og yderligere udvikling og test. Netop fordi teknologiske og markedsmæssige risici er begrænset, er investeringsvillighed hos industrien høj. Der vil dog fortsat være brug for up front investeringer i udvikling og test, ligesom der også fortsat skal ske nogen tilpasning af infrastrukturen. Teknologier i denne gruppe er f.eks. forskellige effektiviseringsteknologier, landbaserede vindmøller, solvarme, cSi solceller, transmissionsnet og III generations fission.

Den **anden gruppe** er kendetegnet ved teknologier, som er tæt på massiv markedsintroduktion. Der er behov for målrettet teknologiuudvikling gennem fuld skala demonstrationer og test kombineret med forskning og udvikling. Der er nogen usikkerhed om de teknologiske og markedsmæssige potentialer, hvorfor interessen og risikovilligheden blandt private investorer vil være begrænset. Der er behov for relative høje up front investeringer i demonstrationer og F&U samt yderligere tilpasning og forstærkning af eksisterende infrastruktur. Teknologier i denne gruppe er f.eks. II generations solceller, koncentreret solkraft, CO₂ fangst og lagring, II

generations biodrivstoffer og distributionsnet. Havvind er også inkluderet i denne gruppe, selvom en hurtig teknologiudvikling kan forventes i kraft af de meget store investeringer, der pt. finder sted i Nordeuropa².

Den **tredje gruppe** er kendetegnet ved helt nye teknologier langt fra markedet. Teknologiudviklingen skal ske gennem målrettede FUD baserede innovationstiltag, pilotanlæg og fuld skala demonstrationsprojekter. Der er stor risiko forbundet med teknologierne, og markedspotentialet er tilsvarende lavt. Investeringsvilligheden blandt teknologiproducenter og –brugere er begrænset. Up front FUD investeringer er relativt høje. Der er behov for signifikant teknologiudvikling og -tilpasning samt understøttende infrastruktur. Teknologier i denne gruppe er f.eks. brintbiler, bølgekraft, geotermisk energi og IV generations fission.

Graden af udvikling, markedspotentiale og investeringsbehov varierer ikke blot fra gruppe til gruppe, men også indbyrdes mellem de forskellige teknologier. Hvilke tiltag og FUD virkemidler, der skal til for at udvikle teknologierne er kontekstuel. EU SET Plan har foreslået 10 årige roadmaps for syv brede teknologiområder samt estimeret det totale finansieringsbehov for at realisere disse.

Tabel 2: Finansieringsestimat for SET-Planens Energy Industrial Initiatives, 2010 – 2020.

Europæiske Industri Initiativer (EII)	Totalt (Mia €)
Vindenergi	6
Sol energi (PV og CSP)	16
Bioenergi	9
CO ₂ fangst og lagring	10,5 – 16,5
Elnettet	2
Bæredygtig atomkraft	5 – 10
Intelligente byer (energieffektivisering)	10 – 12
I alt	58,5 – 71,5

Kilde: EU Commission, SEC(2009) 1295: 8

1.6 Prioritering og videnproduktion

Alle energi- og andre forskningsprogrammer har som mål at bidrage til samfundsnyttens; nogle mere eksplicitte end andre. Appendiks A indeholder en kort beskrivelse af de danske programmer, hvis formål kort kan opsummeres således:

- Opfylde de energipolitiske mål – forsyningssikkerhed, omkostningseffektivitet og et renere miljø (Energiteknologisk udviklings- og demonstrationsprogram - EUDP)
- Udnytte og udvikle danske erhvervspotentialer på energiområdet (EUDP)
- Bidrage til at sikre Danmarks position som velfærdsmæssig, økonomisk og videnskabelig frontløber i globale sammenhænge på kort og lang sigt (Det Strategiske Forskningsråd - DSF)
- Bidrage til, at den danske forskning i energisystemer fortsat er blandt den internationalt førende energiforskning inden for strategisk vigtige områder. Målet er at øge andelen af vedvarende energiproduktion og mindske afhængigheden af fossile brændsler (DSF – Programkomite for bæredygtig energi og klima).

² EU Recovery Act har den 9. december 2009 godkendt 565 € til 9 offshore projekter i Nordeuropa (Memo/09/542). UK har netop uddelt licenserne til at bygge ni havvindmølleparker til en anslået værdi af 680 milliarder kr. (Berlingske 9 januar 2010).

- Bidrage til forskeruddannelse (DSF)
- Skabe værdi gennem risikovillige investeringer i tiltag, der bygger bro mellem virksomheder og offentlige forskningsinstitutioner (Højteknologifonden)
- Udføre forskning til glæde for samfundet og for elsektoren med udgangspunkt i den overordnede udvikling af el- og naturgassystemerne (programmerne under Energinet.dk)
- Bidrage med energibesparelser og nye arbejdspladser (Dansk Energi)

Grundlæggende er der dog tre hensyn. For det første er der hensynet til det samlede danske energisystem for gas, elektricitet og varme, herunder også energibesparelser. Politiske mål for indretningen af energisystemet har en særdeles stor indflydelse på teknologiudviklingen. For det andet er der hensynet til Danmarks position i den internationale arbejdsdeling for videnproduktion indenfor energi. Indenfor hvilke områder har Danmark komparative fordele for videnproduktion indenfor energi, og hvordan kan erhvervsmæssige potentialer indenfor energiteknologiske løsninger styrkes og dermed bidrage til en konkurrencedygtig dansk videnøkonomi. Det tredje er hensynet til en langsigtet viden- og kompetenceudvikling. Disse tre hensyn er ikke altid i overensstemmelse med hinanden.

Eksempelvis er det irrelevant for det danske energisystem at udvikle avancerede siting modeller for placering af vindmøller i for Danmark ukendt komplekst terræn. Men denne viden kan være særdeles relevant for danske vindmølleproducenter og energiselskaber, der opererer i udlandet. Det er ganske relevant for en velfungerende energisektor, at der udvikles ny viden om markedsmekanismer, rammebetingelser mv. Men der vil næppe være de store teknologi- og produktmæssige potentialer indenfor dette. Og selvom det danske energisystem siden 1985 har en beslutning om ikke at have atomkraft, deltager Danmark i den langsigtede fusionsforskning, som så igen har en række erhvervsmæssige spin-off effekter (se f.eks. Jørgensen, 2005: 44).

Bredt anlagte strategiske processer med deltagelse af de centrale aktører i innovationssystemet kan med fordel tage højde for forskellige interesser og hensyn. Hvilke videnområder, der skal prioriteres, er selvfølgelig helt centralt, men også de områder, hvor Danmark skal have et videnberedskab. Hertil kommer betydningen af de generiske teknologier som f.eks. bioteknologi, IKT og materialer, som på mange måder er afgørende for egentlige gennembrud indenfor energiteknologier. Processerne skal også sikre koordination og samspil mellem den offentlige og private forskning, mellem forskellige faser i værdikæden og mellem danske og internationale FUD aktiviteter.

Selvom der indenfor enkelte ressortområder og for udvalgte teknologier er udviklet strategier, er der i Danmark ikke lavet en samlet national strategi for energiforskning. Det tidligere Rådgivende Energiforskningsudvalg (REFU) under Energistyrelsen lavede en strategi for energi FUD, men den var ikke stærkt forankret i innovationssystemet. Det samme kan man heller ikke sige om energidelen af Forsknings- og Innovationsstyrelsens stort anlagte Forsk2015³.

³ I regi af Forsknings- og Innovationsstyrelsen har der været en mere generel strategiproces, der i 2008 resulterede i Forsk2015 – Et prioriteringsgrundlag for strategisk forskning. Et af områderne er fremtidens energisystem, herunder også forskning der skal understøtte udvikling og demonstration inden for vindkraft og integration af vedvarende energi i det øvrige energisystem (VTU, 2008). I en efterfølgende evaluering af processen (baseret på kortlægning, et 8-personers ekspertpanel, dialogworkshop, bilaterale møder med ministerier og høring) fremhæves, at FORSK2015-kataloget har givet politikerne et bedre grundlag for at prioritere den strategiske forskning, og at interessenterne overvejende positivt har modtaget kataloget (VTU, 2009).

Indenfor flere teknologiområder er der gennem participative processer blevet lavet FUD strategier, som i visse tilfælde har fungeret som retningsgivende for prioritering på tværs af programmer. I nogle tilfælde har det været forskerverdenen, der har stået i spidsen for strategien, i andre tilfælde industrien og i andre tilfælde den programansvarlige myndighed (ofte i samarbejde med andre ressortområder). Et eksempel er Energistyrelsens strategi for forskning, udvikling og demonstration af brintteknologier, juni 2005. Men i modsætning til strategiprocesserne og – dokumenterne i de europæiske teknologiplatforme følger de danske strategier ikke et fælles set-up og format, hvilket gør det vanskeligt at sammenligne de strategiske retningslinjer på tværs af teknologiområder.

I boksen nedenfor beskrives et norsk eksempel på en national strategiproces, der har været med til at fastsætte nationale prioriteringer for en FUD indsats.

Boks 1: Eksempel på national strategiproces

Energi21, Norge

Norges Olie- og Energidepartement (OED) tog i 2007 initiativ til en FUD strategi for bæredygtig energi, Energi 21. Formålet var at etablere en bred og samlende FUD-strategi for energisektoren og dermed sikre øget bæredygtig værdiskabelse og forsyningssikkerhed, gennem et mere samordnet og øget engagement i energisektoren, når det gælder forskning, udvikling, demonstration og kommercialisering af ny energiteknologi.

En industriledet styregruppe med bred repræsentation fra forskning, industri og myndigheder blev udnævnt, og gennem et års omfattende arbejde i diverse grupper blev der opbygget konsensus om de fremtidige FUD prioriteringer indenfor norsk bæredygtig energi.

Der blev oprettet et midlertidigt sekretariat, der skulle facilitere processen, de mange arbejdsgrupper og høringsindspil. Efter et års arbejde blev den færdige strategi overleveret til ministeren i 2008.

Strategien peger på fem prioriteringer – effektivt energibrug, klimavenlig kraft baseret på mere vind og sol i kombination med vandkraften, CO₂ neutral opvarmning, fremtidens energisystem samt energipolitiske rammer og samfundsanalyser

Efterfølgende er projektet blevet konsolideret med nyt mandat, bestyrelse og ansættelse af en direktør. Aktiviteterne omfatter: opfølgning på og konkretisering af strategien, samspil med andre nationale strategier og aktiviteter af betydning for Energi21, rådgivning til de FUD-bevilligende myndigheder og kortlægning af kompetencer, der efterspørges af energisektoren og energiindustrien (se mere på www.energi21.no).

Politisk er der et udbredt ønske om bedre koordinering og samordning i den danske indsats. I bemærkningerne til lovforslaget om Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) understreges betydningen af eksisterende koordinering med PSO-programmerne samt samspillet med Det Strategiske Forskningsråd (DSF) og Højteknologifonden⁴. I regeringens Grøn forskning fremhæves behovet for en koordineret og sammenhængende indsats indenfor forskning, innovation, udvikling og demonstration på det grønne område (VTU, 2009: 26-28). Og i Energinet.dk's evaluering af ForskEL programmet anbefales, at der sker en samlet udarbejdelse, formulering og opdatering af de nationale teknologistrategier (Energinet.dk, 2009: 7).

⁴ Se f.eks. bemærkninger til §11

Såfremt en bredt anlagt strategi proces bygger videre på, opdaterer og komplementerer de eksisterende nationale teknologistrategier, vil dette kunne bidrage til at en prioritering på tværs af teknologier og samtidig identificere mulige tværgående indsatser, f.eks. indenfor de mere grundlæggende områder.

1.7 Videnspredning gennem offentlig-privat samspil

Samspil mellem virksomheder og videninstitutioner medvirker til at øge videnspredning og -deling i samfundet. På den ene side sikrer samspil, at virksomhederne har adgang til relevant forskningsbaseret viden og nye teknologier, og på den anden side har forskningsinstitutionerne mere viden om virksomhedernes behov (VTU, 2003; DEA, 2009). Analyser har påvist, at der er en gensidig dynamik i videndeling, hvor begge parter får gevinst, og nye muligheder for videndeling og læring genereres (DEA, 2009; Forsknings- og Innovationsstyrelsen, 2009b; Forsknings- og Innovationsstyrelsen, 2010; Borup et al, 2009: 69-70):

- Samspil i form af offentlig-private videnkonsortier, -alliancer eller -partnerskaber komplementerer i høj grad aktørernes eksisterende forsknings- og innovationsaktiviteter og stimulerer til yderligere aktiviteter.
- Samspil styrker deltagernes videnkompetencer og –resultater. Virksomheder får mulighed for at få ny forståelse af egne kompetencer og teknologier. GTS institutter og universiteter får styrket deres videngrundlag, bl.a. gennem nye metoder og anvendelse af nye teknologier. Samtidig får de større kendskab til og fokus på virksomhedernes behov.
- Samspil med offentlige videninstitutioner øger produktiviteten per medarbejder i de FoU-aktive virksomheder sammenlignet med FoU-aktive virksomheder, der ikke samarbejder.
- Karakteren af samspil varierer afhængig af den teknologiske og markedsmæssige modenhed.

Der er da også i Danmark en lang række tiltag, der støtter forskningssamarbejde, videnspredning og videndeling (forskerparker, udviklingsparker samt ikke mindst de virkemidler, som programmerne anvender i de konkurrenceudsatte FUD midler). I de senere år er der kommet fokus på udvikling af energiteknologiske partnerskaber mellem virksomheder, forskningscentre, brancheorganisationer og offentlige myndigheder. Karakteren af disse partnerskaber er meget forskellig afhængig af ledelse og konsolidering. I tabellen nedenfor illustreres forskellige typer af offentlig-private partnerskaber indenfor energi.

Tabel 3: Typer af partnerskaber indenfor energi

	Ledet af forskning	Ledet af industrien
Løst koblet netværk; ofte projektbaseret	Upwind Diverse forskningsalliancer som f.eks. EDISON	Partnerskabet for Energibyg Partnerskabet for Intelligente Energisystemer
Konsolideret netværk; ofte med egne strategier og sekretariat	Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi	Megavind Partnerskab for brint og brændselsceller

Upwind er et stort internationalt forskningsprojekt med 40 partnere og ledes af Risø DTU. Tilsvarende findes der en række store forskningsprojekter og –alliancer, der er etableret i forbindelse med projektansøgninger til f.eks. DSF, EUDP og ForskEL. Partnerskabet Energibyg er et netværk under opbygning og har især identificeret mulige projekter indenfor byggeerhvervet. Netværket er medfinansieret af Rådet for

Teknologi og Innovation (RTI). Et andet partnerskab-in-spe er Partnerskabet for Intelligente Energisystemer under ledelse af DI Energiindustri, der arbejder på en hvidbog og roadmap for etablering af et mere forpligtende partnerskab. Partnerskabet er medfinansieret af EUDP. De løst koblede netværk er ofte foranlediget af og matcher forskellige forsknings- og innovationsprogrammers virkemidler, som efterlyser øget offentlig-privat samspil og rammer, hvor også små og mellemstore virksomheder kan deltage.

Et eksempel på et forskerledet og velkonsolideret netværk er Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi, der i 2002 lavede en samlet forskningsstrategi for vindenergi. Senere med etablering af Megavind blev partnerskabet industriledet. Partnerskabet for brint og brændselsceller er et andet industriledet eksempel.

Kendetegnende for begge velkonsoliderede og industriledede partnerskaber er, at de er udviklet over tid, at der har været omfattende og inkluderende FUD strategiprocesser, og at de har et selvstændigt sekretariat, ofte i tilknytning til en brancheorganisation. Partnerskaberne bruges bl.a. som forum til at påvirke prioriteringen af offentlige FUD-midler, til at sikre videndeling mellem parterne og til at udvikle fælles FUD-projekter, som fremsendes til diverse offentlige FUD-programmer.

De danske eksempler på offentlig-private partnerskaber har en række fællestræk, men også afvigelser i forhold til de to internationale eksempler, der står beskrevet i boksen nedenfor.

Boks 2: Internationale eksempler på offentlig-private partnerskaber

Cleen Ltd., Finland (www.cleen.fi)

Cleen Ltd. er et strategisk partnerskab for forskning og innovation indenfor energi i Finland. Cleen Ltd. blev etableret i 2008 og er organiseret som et privat-offentligt non-profit selskab med 40 medlemmer fra industrien, universiteter og forskningsinstitutter. Der er nedsat en bestyrelse med syv industrimedlemmer, et universitetsmedlem og et forskningsinstitut medlem. Et sekretariat er etableret med direktør og 3-4 medarbejdere. Målet er at styrke finsk konkurrenceevne indenfor energi gennem fælles, langsigtet og samordnet strategisk forskning og udvikling. Denne samordning forventes at skabe kritisk masse, styrke de samlede kompetencer og fungere som et stærkt internationalt brand, der kan tiltrække internationalt ledende virksomheder og videnmiljøer til Finland. Allerede under etableringen af aktieselskabet blev der udarbejdet en strategisk forskningsagenda med i alt otte prioriterede indsatsområder. Disse indsatsområder udgør grundstammen i de fælles forskningsprogrammer.

Projekt-aktiviteterne finansieres gennem private og offentlige midler. De offentlige midler kommer typisk fra Finlands Akademi og Tekes og udbydes i henhold til deres sædvanlige programmer, dog sådan at der er øremærket midler til Cleen Ltd. Også ansøgere som ikke er medlem i Cleen Ltd. kan søge midler, men er forpligtet til at dokumentere tilknytning til Cleen Ltd. og beskrive, hvilken betydning projektet har for selskabets aktiviteter. Cleen Ltd.s samlede økonomiske aktiviteter beløber sig til 5-600 M€ per år i perioden 2008-2012.

Energy Technology Institute (ETI), UK (www.energytechnologies.co.uk)

ETI blev etableret i 2007 som et offentlig-privat partnerskab (Limited Liability Partnership) mellem den engelske regering (Department of Energy and Climate Change, Engineering and Physical Sciences Research Council, Department for Innovation, Universities and Skills, Technology Strategy Board og Department for Transport) og seks store private virksomheder (BP, Caterpillar, EDF, E.On, RR og Shell). Det er hensigten at rekruttere yderligere 5 privat sektor medlemmer. ETI ledes af en bestyrelse med repræsentanter fra medlemsorganisationerne. Der er etableret et sekretariat til at implementere beslutningerne.

ETI er lokaliseret hos Loughborough University, som er medlem i Midlands Energy Consortium.

ETI programmer vil bidrage til at opfylde UKs energimål om at reducere drivhusgas udslip med 80% i 2050. Det skal ske ved at accelerere FUD af konkurrencedygtige klimavenlige teknologiske løsninger, at øge forsyningssikkerheden sammen med reduktioner i udledninger af drivhusgasser og øge kompetencerne i UK og internationalt.

Private virksomheder bidrager med op til 5M£ per år i en 10-årig periode. Regeringen har forpligtet sig til at matche beløbet, således at den samlede investering bliver på ca. 1,1 milliarder £. Foruden medlemmer er der også program associerede, som betaler kontingent til et specifikt program. Endelig er der medlemmer i projektkonsortier, hvis investering er en del af den samlede ETI finansiering til et projekt.

ETI har identificeret tre nøgle sektorer – transport, varme og kraft – samt den infrastruktur, der understøtter disse.

Aktiviteterne organiseres i teknologi-programmer, hvis management struktur og procedurer tilpasses behovene. De første tre programmer – Offshore vind, Marine og Distribueret energi – blev igangsat med en offentlig invitation til at fremsende interessetilkendegivelser.

Fælles er fokus på strategiudvikling og prioritering af FUD-indsatsen.

Partnerskabernes medlemskreds er dog forskellig. I det engelske eksempel ETI er det de private og offentlige sponsorer, der bestemmer, hvorimod det finske Cleen Ltd. består af virksomheder, universiteter og forskningsinstitutter. Det sidste svarer meget til de danske partnerskaber.

Afvigelsen består især i adgangen til FUD-finansiering, hvor partnerskaberne så at sige er adgangsbillet. I det finske eksempel har de offentlige forskningsoperatører forpligtet sig til at yde langsigtet støtte til partnerskabet, men dog sådan at de sædvanlige krav til konkurrenceudsatte midler opretholdes. Der er således også åben adgang for ikke-medlemmer. Det engelske eksempel er karakteriseret ved, at pengene taler, dvs. kriterier, procedurer og projekter bestemmes af partnerskabet. De danske partnerskaber har ikke på samme måde garanti for hverken offentlig eller privat finansiering, men velkonsoliderede samarbejdsplatforme for etablering af nye FUD projekter.

Der synes at være udbredt enighed om, at offentlig-private partnerskaber er godt for videndeling og -spredning i samfundet. Partnerskaber er med til at samle kritisk masse, udvikle synergier og profilere kompetencer, især i forhold til internationale interessenter. Partnerskaber er blevet vigtige institutioner i det forskningspolitiske landskab i Danmark og internationalt. Der er dog lille viden om, hvordan strategiske partnerskaber med fælles ressourcer, risiko og ledelse fungerer og indgår i en national eller international strategisk indsats. Det fremhæves i en analyse af de strategiske partnerskaber etableret i regi af US Department of Energy (DOE) (Jones & Anadon, draft manuskript 2009).

1.8 Videndeling på tværs af grænser

Øget international konkurrence og samarbejde

Danske energiteknologivirksomheder udfordres af øget konkurrence på globale markeder, ikke mindst på vækstmarkederne i Kina og Indien. Danske videnmiljøers fortsatte konkurrencekraft er afhængig af, at kapaciteten og kompetencen øges gennem adgang til og samspil med den nyeste internationale viden.

Størstedelen af videnproduktion finder sted uden for Danmarks grænser. I 2005 udgjorde de samlede danske F&U investeringer godt 1,2% af verdens samlede F&U investeringer. Den danske andel af verdens F&U investeringer er faldende i takt med de øgede investeringer i andre lande (RTI, 2008: 13). Investeringer i energi FUD er i samme størrelsesorden og er i 2006 1,2% af de samlede offentlige FUD investeringer i IEA (se Figur 4 i Kapitel 4).

Internationalt samarbejde indenfor forskning, udvikling og demonstration af nye energiteknologier er tæt relateret til de globale problemer og muligheder, der er forbundet med energisystemerne – klimaforandringer, forsynings- og andre sikkerhedsmæssige hensyn, udviklingspolitiske mål samt øget konkurrencekraft gennem adgang til nye markeder, den fremmeste viden og bedste talenter (European Commission, 2009: 15-16; DEA, 2009: 10). Endelig er det også en måde at minimere omkostninger og risici forbundet med ressourcekrævende og mangeartede energi innovationer og -processer (Anadon & Holdren, 2009: 112).

Bottom-up rammevilkår

Dansk forsknings- og innovationspolitik har traditionelt været præget af en tilgang, hvor den enkelte forskergruppe eller virksomhed formodes at have de fornødne kompetencer, netværk og muligheder for at etablere og udnytte de bedst mulige internationale relationer (RTI, 2008: 12-13).

Mange større virksomheder og forskningsinstitutioner har en lang tradition for internationalt forskningssamarbejde. Nogle virksomheder har etableret forskningsafdelinger i udlandet, andre virksomheder har indgået strategiske samarbejdsaftaler med stærke forskningsmiljøer, og andre virksomheder rekrutterer dygtige udenlandske forskere til forskningsafdelingerne i Danmark (DEA, 2009: 5). Risø DTU indgik eksempelvis i 2007 en samarbejdsaftale om energiforskning med det amerikanske National Renewable Energy Laboratory (NREL).

De eksisterende virkemidler er således indrettet på denne bottom-up tilgang til internationalisering. Disse omfatter:

- Særlige skattevilkår for udenlandske forskere, hvor indkomstkatten er 25% i de første 3 år.
- Fra programmernes side efterlyses forskningsprojekter, der er forankret i internationale konkurrencedygtige miljøer. Det være sig internationale projektdeltagere i et konsortium; videnmiljøer med udenlandske højt estimerede forskere; eller internationalt førende videnmiljøer.
- Enkelte programmer er åbne for udenlandske forskere (f.eks. Det Strategiske Forskningsråd (DSF)).

- DSF beviliger netværksmidler til styrkelse af dansk deltagelse i større EU-satsninger inden for forskning og udvikling⁵.

Det er langt fra tilstrækkeligt, hvis Danmark ønsker at være i forkant indenfor nye teknologiske løsninger, være et attraktiv forsknings- og kompetencecentrum og blandt de mest konkurrencedygtige i verden.

Top-down rammevilkår

Den traditionelle bottom-up tilgang suppleres i stigende grad med målrettede initiativer, der baner vejen for danske prioriteringer og interesser i internationale forskningsprogrammer og partnerskaber. Disse omfatter (VTU, 2010):

- Det mange-årige forskningssamarbejde indenfor EU. Dette omfatter rammeprogrammerne for forskning, Joint Research Centre (JRC), ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructure), COST (European Co-operation in the field of Scientific and Technical Research) mv.
- Bilaterale aftaler om forskningssamarbejde med lande uden for EU på områder, hvor begge lande står stærkt. Eksempler omfatter aftaler med USA og Japan. Desuden har DSF – Programkomite for Energi og Klima bevilliget midler til dansk-kinesisk forskningssamarbejde.
- Etablering af innovationscentre i førende forsknings-, innovations- og erhvervsmiljøer i udlandet. Forsknings- og Innovationsstyrelsen har udstationeret forskningsattachéer i USA, Kina og Tyskland.
- Partnerskabsaftaler vedr. forskningssamarbejde med forskernetværk og myndigheder i førende forskernationer. Eksempler omfatter aftale med UC Berkeley – CITRIS.

Kapitelkrævende infrastruktur⁶ har traditionelt været genstand for internationalt samarbejde. Eksempel er det europæiske samarbejde og finansiering af JET – Joint European Torus – facilitet for fusionsforskning, der bruges af EURATOM-associerede lande. Faciliteten ligger i UK og er den største af eksisterende Tokamak i verden. På globalt plan samarbejdes der om ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), en eksperimentel fusionsfacilitet, der er under opførelse i det sydlige Frankrig med deltagelse af EU, USA, Japan, Korea, Rusland, Indien og Kina.

I regi af EU er der identificeret en liste på 34 infrastrukturprojekter, hvoraf de tre vedrører energi, to relateret til fusion og en relateret til fission⁷. Udover omkostningsdeling og brugsadgang til faciliteten er der også store interesser forbundet med at levere teknologi til disse faciliteter samt være værtsland, med hvad dertil følger af afledte økonomiske aktiviteter⁸.

5 Eksempelvis har Partnerskabet for brint og brændselsceller modtaget sådanne midler og er repræsenteret i FCH-JTI på flere niveauer.

6 EU's definition er: *"Faciliteter og ressourcer, der leverer væsentlige ydelser til det offentlige og private forskersamfund. Forskningsinfrastruktur kan være en enkelt ressource på et enkelt sted, et net af distribuerede ressourcer, herunder infrastruktur baseret på en arkitektur af "grid"-typen eller virtuel, hvor tjenesten leveres elektronisk".*

7 Se også <http://cordis.europa.eu/esfri/large-scale.htm>

8 Se også Nordforsk Policy Brief 7, Improving research capabilities (<http://www.nordforsk.org/pubinfo.cfm?pubid=73>).

Endelig har flere programmer indgået formaliserede program-samarbejder med andre lande:

- Programmer kan øremærke faste midler til internationale energiforskningsaktiviteter. Eksempelvis har EUDP (og før det Energiforskningsprogrammet - EFP) gennem mange år betalt et fast årligt bidrag til Nordisk Energiforskning. EUDP støtter også deltagelse i IEA Implementing Agreements. DSF kan øremærke op til 20% til internationalt samarbejde.
- Det nordiske topforskningsinitiativ for energi og klima er et 5-årigt initiativ med ca. 400 mio. kr. til 6 programmer. Midlerne kommer fra nationale forskningsoperatører og Nordisk Ministerråd. Fra dansk side kommer midlerne fra Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling og gennem EUDPs bidrag til Nordisk Energiforskning.
- Flere programmer deltager i europæiske koordinerende netværk, de såkaldte ERAnet, hvor midler oftest øremærkes til at finansiere egne forskere i internationale projekter (f.eks. N-INNER under DSF; ForskeLEs deltagelse i tre ERAnet – bioenergi, solceller og smart grids; EUDPs deltagelse i HYCO ERAnet). I modsætning til FP6 er der langt færre ERAnet i FP7, og indenfor energi indtil videre kun ERAnet SmartGrids.

Generelt fremhæves de nordiske lande for at være på forkant med koordinering og samordning af programmer på tværs af grænser. Det gælder i særdeleshed i EU og aktiviteter indenfor Joint Programming, men andre internationale fora har også fremhævet disse internationale koordinerings- og samordningskompetencer (se f.eks. IEA, 2007).

Bedre rammer for internationalt samarbejde

Analyser har dog vist, at de forskningspolitiske rammer i for ringe grad understøtter internationalisering af forskning – både i forhold til virksomheder og forskningsinstitutioner. Flere evalueringer af dansk [energi-]forskning har samstemmende peget på, at der mangler en egentlig strategi for, hvordan dansk forskning kan indgå i en international arbejdsdeling og udvikle forpligtende samarbejder med udenlandske alliancer og forskningsinstitutioner (FI, 2009a: 21; Energinet.dk 2009: 8). Netop i en økonomisk krisesituation, hvor færre virksomheder synes at investere i F&U, og færre synes at indgå i internationalt forskningssamarbejde, er det desto mere vigtigt at styrke rammerne for videnhjemtagning og internationalt vidensamarbejde (DEA, 2009: 6).

Sådanne rammer kan f.eks. understøtte den traditionelle bottom up tilgang gennem finansieringsmekanismer og bi- eller multilaterale aftaler. Ofte fungerer bi- og multilaterale aftaler som en paraply for forskellige samarbejds mekanismer: stipendier/tilskud, gæsteforskerprogrammer, udvekslings- og mobilitetsprogrammer, fælles forskningsprogrammer, fælles finansiering af forskningsinfrastruktur og åbning af nationale forskningsprogrammer for udenlandske aktører og fælles strategiske fora og prioriteringskomiteer (EC, 2009: 17-18).

I den seneste politiske aftale om fordeling af globaliseringsreserven til forskning og udvikling 2010-2012 er det aftalt at sikre sammenhæng og koordinering af de mange nye internationaliseringsinitiativer. Forligsparterne har derfor aftalt at mødes for at drøfte behovet og retningen for en sammenhængende strategi (se pkt. 7.2 i aftalen af 5. november 2009). Det synes således oplagt, at en strategisk energiteknologisk indsats bliver primus motor i bestræbelserne for at udvikle en sammenhængende internationaliseringsstrategi.

1.9 Samspil med det europæiske forskningsrum

EU er helt centralt for internationalisering af danske videnmiljøers FUD aktiviteter.

For det første er EU-landene blandt de vigtigste samarbejdspartnere for danske energiteknologivirksomheder. I 2008 tegnede Europa sig for godt 67% af den samlede danske eksport af energiteknologi og –udstyr eller ca. 43 milliarder kr. Det svarer til ca. 9% af den samlede vareeksport til Europa (Energistyrelsen, 2009).

For det andet er EU's rammeprogrammer for forskning og udvikling ganske omfattende programmer, der giver adgang til finansielle ressourcer og muligheder for samarbejde og netværksdannelse med førende europæiske og andre videnmiljøer. Fra 2007 til 2013 budgetteres der årligt med ca. 2.580 mio. kr. til ikke nuklear forskning. Og danske videnmiljøer har en særdeles god succesrate indenfor energi i FP6 og FP7 (DI Energibranchen 2009: 22; Danish Agency for Science and Innovation, 2010: 33-34).

For det tredje arbejdes der målrettet på at udvikle et indre marked for viden i EU, det såkaldte European Research Area (ERA) eller det europæiske forskningsrum, hvor målet er at skabe fri bevægelse af viden og menneskelige og finansielle ressourcer på tværs af landene. Størstedelen af forskningen (og finansieringen) finder fortsat sted på nationalt niveau, men gennem flere offentlige og private investeringer i FUD og gennem koordinering, samspil og åbning af nationale programmer er hensigten at skabe synergi, udnytte komplementære kompetencer, undlade overlap og derved skabe mere konkurrencedygtige videnmiljøer. I lyset af de uindfrie forventninger til Lissabon målsætning om at gøre EU til den mest konkurrencedygtige videnbaserede region i 2010 står det europæiske samarbejde fortsat overfor at gennemføre et effektivt samspil.

Udviklingen af et europæisk forskningsrum udgør i sig selv en kæmpe udfordring, hvor nye mekanismer og initiativer iværksættes. Første generation mekanismer omfatter f.eks. ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) og de nationalt koordinerende ERAnet med fokus på kortlægning af nationale F&U aktiviteter, mobilitet af administrativt personale og i bedste fald fælles calls for proposals. Andre mekanismer er Joint Technology Initiatives (JTI), en form for offentlig-private partnerskaber, der skal stå i spidsen – økonomisk og administrativt – for storstilede teknologiske satsninger. I alt er det blevet til fem JTI, hvoraf The Fuel Cell and Hydrogen Technology Initiative⁹ er det eneste inden for energi. Ved status af udviklingen af ERAen i 2008 har man som følge af uindfrie forventninger iværksat en form for anden generations mekanismer. Centralt står fælles programmering mellem nationale forskningsprogrammer – joint programming. Men andre mekanismer er f.eks. samarbejde med tredje lande som Kina, USA og Indien for at få adgang til nye markeder og fremstå attraktive for den nyeste viden og de bedste talenter.

Endelig for det fjerde spiller den europæiske energipolitik en særlig rolle. Efter kontroverserne med naturgasforsyningen fra Rusland lancerede EU Kommissionen i 2007 ”En Energipolitik for Europa”, hvor udvikling af nye energiteknologier spiller en central rolle.

⁹ Siden JTI og oprettelsen af FCH-JTI er European Industrial Initiatives blevet introduceret under SET-Planen – se senere – det vil være naturligt, at FCH-JTI bliver en del af dette set-up sammen med de andre offentlig-private partnerskaber indenfor energi.

En strategisk energiteknologiplan for EU (SET-Plan) sigter på, at rammebetingelser og incitamenter for udvikling og implementering af nye energiteknologier omfatter (Kom(2006) 847 endelig):

- **Markedsfremmende (Demand-pull)** virkemidler er EU direktiver, der fastsætter mål og minimumskrav, konkurrencepolitik, prispolitikker, energimærkning, politik for standarder, kvoter mv.
- **Teknologiskabende (Technology push)** virkemidler som EU rammeprogrammer for forskning og tilknyttede initiativer (f.eks. Joint Technology Initiatives), nationale forskningsprogrammer, strukturfonde for innovation, europæiske teknologiplatforme mv.
- **Integrerede innovationsinstrumenter** er af en lidt anden karakter og omfatter det Europæiske Teknologiske Institut (ETI), hvis Viden og Innovations Centre (KIC) indenfor udvalgte teknologiområder, herunder også energi, forventes at spille en vigtig rolle med hensyn til at styrke relationer og synergi mellem innovation, forskning og uddannelse¹⁰.

Parallelt og i konkurrence med tidligere mekanismer lanceredes en tredje generations mekanismer, der udgør grundpillerne i realiseringen af SET-Planen:

- **European Energy Research Alliance (EERA)** etableret af et konsortium af ti fremtrædende europæiske forskningsinstitutioner, herunder Risø DTU som eneste dansk partner (se mere på <http://www.eera-set.eu/partner>). Målet er, at institutionerne gennem fælles programmering skal være i stand til at samordne og koordinere forskning indenfor prioriterede områder. Konsortiet er siden efter opslag blevet udvidet med yderligere fire medlemmer. EERA-parterne er i fuld gang med at udvikle fælles programmer, herunder også en fælles styrings- og aktivitetsmodel.
- **European Industrial Initiatives (EII)** er industriledede offentlig-private partnerskaber, der indenfor SET-Planens syv teknologiområder¹¹ skal realisere de respektive technology-roadmaps og især sikre den additionnelle private og nationale finansiering.

Med vedtagelsen af den tredje energipakke i 2009 er der endvidere blevet etableret en ny institution European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E), som er et lovpligtigt samarbejde mellem europæiske TSOere – den danske partner er Energinet.dk. Samarbejdet inkluderer også forskning og udvikling. Som noget af det første er der i 2010 blevet lavet en fælles F&U strategi ”Research and Development Plan. European Grid towards 2020 Challenges and Beyond”. Strategien udgør en væsentlig delmængde af SET-Planens teknologiroadmap indenfor det intelligente net.

SET-Planen og den komplekse styring på tværs af Kommission, medlemslande og industrien er endnu ikke helt på plads. Der er stillet forslag¹² om en styrings- og

10 KIC indenfor energi blev bestemt i december 2009 efter opslag. Et konsortium uden dansk deltagelse vandt over et dansk ledet konsortium. Det er i skrivende stund uafklaret, om ETI vil etablere procedurer for åbning af KIC for nye partnere.

11 Joint Technology Initiative for Hydrogen and Fuel Cell har etableret en form for Industrial Initiative, hvorigennem Rammeprogrammets FUD midler kanaliseres.

12 Den overordnede styrings- og opgavefordeling er defineret på tre niveauer: i) Et orienteringsniveau under ledelse af en SET-Plan styregruppe bestående af Kommissionen (formand), medlemslande og associerede lande samt den europæiske investeringsbank; ii) Et planlægnings- og programmeringsniveau for hver enkelt EII og iii) Et operationelt niveau bestående af de aktiviteter og projekter, som implementeres (EC, SET-Plan Secretariat, 1 March 2010 SET-Plan European Industrial Initiatives – Governance and Instruments..

opgaveplan for de europæiske industri initiativer og efterfølgende sendt i høring. Med erfaringerne fra de første JTIs og de mange teknologiplatforme i mente kan denne proces blive udfordrende.

Nogle medlemslande har i god tid udviklet nationale institutioner og processer, der spiller fint sammen med denne åbne arkitektur med fælles mål, planlægning, monitorering og rapportering, mens andre medlemslande ikke ønsker eller er gearet til dette. Hertil kommer at ikke alle medlemslande er repræsenteret i EERA. Der er ganske enkelt lande og videnmiljøer, der er langt fremme med at koordinere og samordne en fælles energi FUD indsats, mens andre [endnu] ikke er kommet dertil. Danmark befinder sig i midten med en ledende indsat indenfor EERA, men sammenlignet med andre lande som f.eks. Finland har de danske offentlige støtteprogrammer ikke gennemført samme grad af koordinering og samspil samt en fælles international strategi vis-a-vis det europæiske samarbejde.

1.10 Sammenfatning

Energiteknologiske innovationer er kendetegnet ved komplekse, kumulative og dynamiske aktiviteter langs hele værdikæden fra grundlæggende forskning til markedsudbredelse. Der er stor usikkerhed og uforudsigelighed forbundet med innovation, og der findes på nuværende tidspunkt ikke en vinderteknologi, men en portefølje af lovende teknologier, hvis udviklingsgrad, markedspotentiale og investeringsbehov varierer. Introduktion af nye teknologier og løsninger i energisystemet vil ikke blive let. Energisektoren er kendetegnet ved en vis træghed, og omfattende ændringer må derfor tage udgangspunkt i den forsyningsmæssige, markedsmæssige og tekniske kompleksitet, der kendetegner det nuværende og i mange henseender velfungerende system.

En effektiv og langsigtet energi FUD indsats skal afveje forskellige og ofte modsatrettede hensyn, og kun gennem en bredt anlagt proces er det muligt at opbygge politisk, økonomisk og socialt robuste prioriteringer i en national FUD strategi. Denne proces er i sig selv med til at skabe det momentum og det ejerskab, der skal til for at realisere strategien.

Der er udbredt enighed om, at offentlig-private partnerskaber er godt for videndeling og -spredning i samfundet. Partnerskaber er med til at samle kritisk masse, udvikle synergier og profilere kompetencer, især i forhold til internationale interesser. Partnerskaber er blevet vigtige institutioner i det forskningspolitiske landskab i Danmark og internationalt. Nogle lande har udviklet og satset på partnerskaber som bærende institutioner i den offentlige indsats. Generelt synes der dog at være lille viden om, hvor stort potentialet for partnerskaber er, og om de rette betingelser er til stede for at udvikle synergi i partnerskabet.

Internationalt vidensamarbejde er tæt knyttet til de globale problemer og muligheder, der er forbundet med energisystemerne – forsyningssikkerhed, miljø og klimaproblemer og økonomisk vækst. Viden kender ingen grænser. Traditionelt lægges der i Danmark vægt på en bottom-up tilgang til internationalt FUD-samarbejde, hvor videnaktørerne formodes selv at etablere kontakt, netværk og samarbejde, men i stigende grad suppleres disse med nye top-down mekanismer som grænseoverskridende programmer, infrastruktur og positionering af danske interesser i dagsordensættende fora. Den stigende internationalisering gør, at der er et stort behov for nye måder, strukturer og flere midler til at styrke det internationale samarbejde, så den globale (og stigende) videnbase kommer danske virksomheder, energisektoren og videnmiljøer til gode. Udvikling af en egentlig

internationaliseringsstrategi for energi FUD vil sikre sammenhæng, forankring og retning for øget samspil over grænser. Det gælder i særdeleshed i forhold til det europæiske FUD samarbejde, SET-Planen og de nye samspils- og investeringsmekanismer, der er introduceret gennem de senere år.

2 Offentlige investeringer og organisering indenfor energi FUD

Energiteknologisk innovation er forbundet med risiko. Det er derfor på mange måder vanskeligt at sige noget om, hvor meget der skal investeres i forskning, udvikling og demonstration (FUD) af nye energiteknologier og –systemer, inden disse er pålidelige, effektive og konkurrencedygtige med konventionelle teknologier¹³.

Traditionelt spiller **størrelsen** af de offentlige investeringer i FUD i nye energiteknologier en afgørende rolle. Det gælder især i de indledende faser i teknologiudviklingen, hvor usikkerheden for udbyttet er størst og private virksomheders risikovillighed mindst. Der er dog i de fleste OECD lande øget fokus på at fremme private investeringer i de mere markedsnære og ressourcekrævende udviklings- og demonstrationsaktiviteter. Derved øges den samlede indsats, samtidig med at risikoen deles mellem flere parter.

Udover en ambitiøs og langsigtet investeringsvillighed drejer en fremsynet teknologipolitik sig også om en god **organisering** af FUD aktiviteterne. Denne organisering skal fremme samspil og koordinering mellem aktørerne i et udviklings- og innovationssystem og sikre effektiv udvikling, markedsintroduktion og indpasning af nye teknologier i energisystemet.

Dette kapitel indeholder følgende afsnit:

- **Offentlige energi FUD investeringer** beskriver den historiske udvikling i Danmark og de lande, som vi normalt sammenligner os med.
- **Internationale estimater over fremtidigt FUD investeringsbehov** gennemgår kort forskellige analyser baseret på forskellige metoder og med forskellige målsætninger. De fleste understreger vigtigheden af kontinuitet og forudsigelighed i [offentlige] investeringer.
- **Danske energiforskningsprogrammer** giver et overblik over de forskellige ordninger for konkurrenceudsatte midler.
- **Koordinering og samordning** indeholder en kort beskrivelse af de eksisterende koordineringstiltag men også kritik og forslag til sammenlægning.

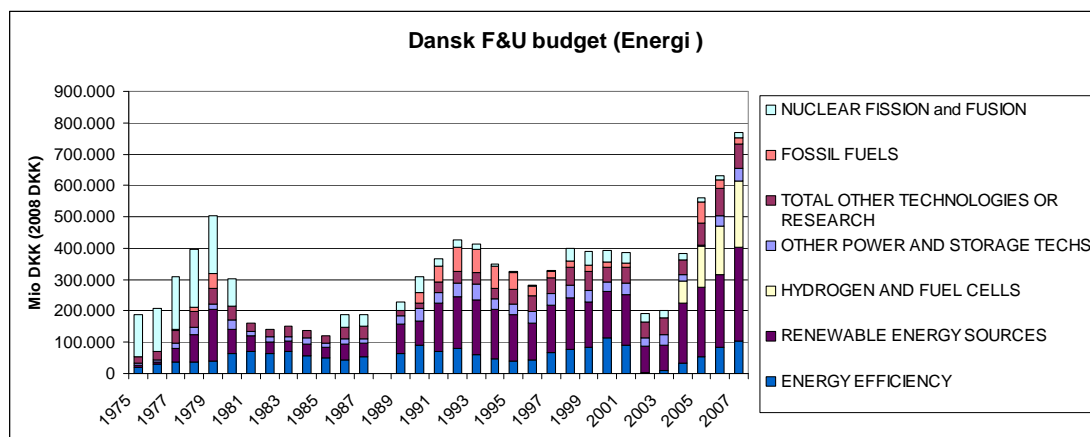
2.1 Udvikling i de offentlige FUD investeringer

I dette afsnit analyseres investeringerne i energi FUD i Danmark. Analysen ser på udviklingen i investeringerne over tid fordelt på teknologiområder og sammenligner niveauet af den danske indsats med de lande, som Danmark normalt sammenligner sig med.

I Figur 2 ses udviklingen i den samlede danske offentlige energi FUD fordelt på forskellige typer teknologier. Samlet set er niveauet steget i de seneste år, selv i forhold til indsatsen i kølvandet på oliekrisen i slutningen af 1970'erne.

Figur 2: Danske offentlige midler til energi F&U i 2008 DKK

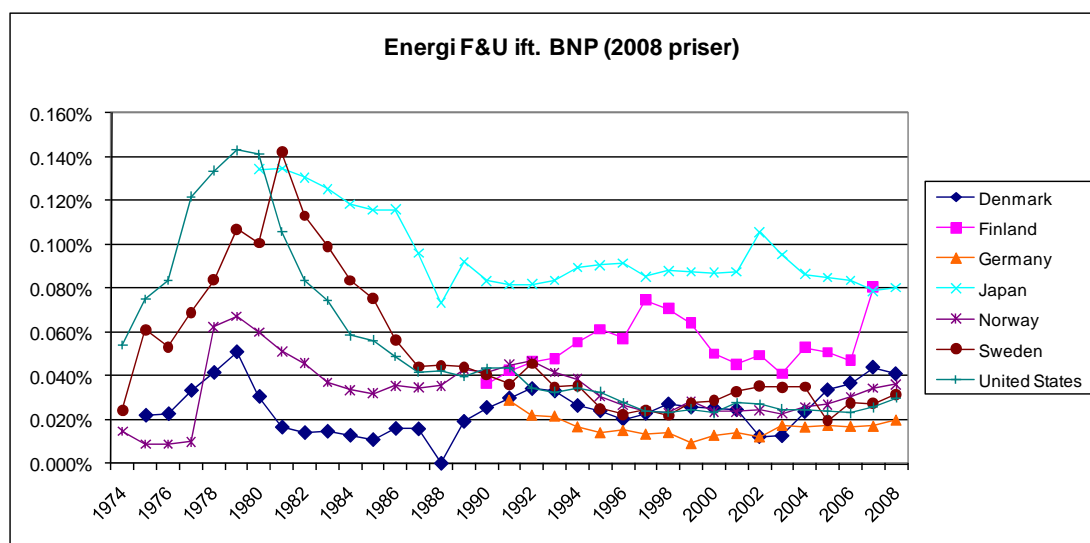
¹³ Analyser over forskellige teknologiers læringskurver kan fortælle noget om den historiske udvikling og trends i omkostninger og markeder, men det er vanskeligt at bruge disse analyser til at fastsætte en ideel kombination af virkemidler, altså om støtten til en bestemt teknologiudvikling skal gives som forsknings- og udviklingsstøtte eller via markedsopbygning (Skytte et al: 99). IEA anvender dog i sine analyser den metode, at 10-20% af middelværdien af de totale estimerede totale investeringer til FUD og markedsintroduktion henregnes til FUD (IEA, 2009 og 2010).



Kilde: IEA database

Andelen af offentlige energi FUD midler i forhold til BNP har udviklet sig forskelligt som illustreret i Figur 3. I 1980 investerede Danmark 0,05% af BNP i energi FUD, og siden er niveauet faldet til under 0,02% og siden igen steget til omkring 0,04%. Andre lande som f.eks. Sverige og USA har investeret helt op til 0,14% af BNP, men siden gennemgået en voldsom nedgang til ca. 0,03% af BNP i 2008. Med 0,04% ligger Danmark i 2008 lavere end Japan og Finland (2007), men dog højere end de øvrige nabolande og USA.

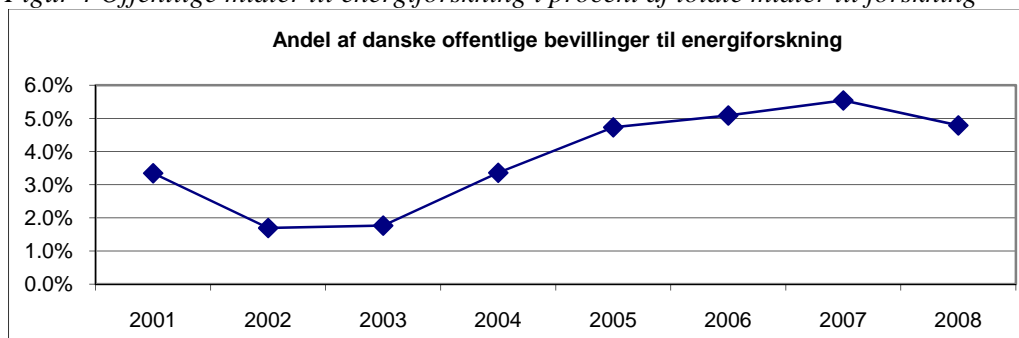
Figur 3 Offentlige midler til energi F&U set ift. BNP



Kilde: IEA og WB

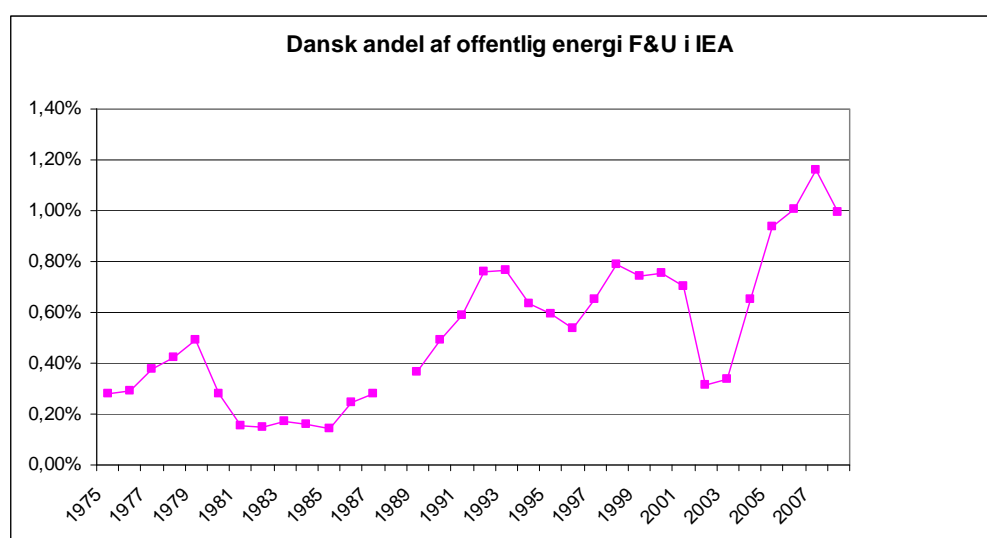
Sammenlignes udviklingen i andelen af de totale energi FUD midler, er niveauet i dag omkring 5% for de konkurrenceudsatte midler som vist i Figur 4.

Figur 4 Offentlige midler til energiforskning i procent af totale midler til forskning



Dansk energiforskning udgør en forsvindende lille del af de samlede offentlige midler til energi FUD i IEA landene. Danmarks andel udgør i dag 1 %, men har været stigende siden midten af halvfjerdsene, som vist i Figur 5.

Figur 5 Den danske andel af de samlede offentlige midler til energiforskning i IEA



Kilde: IEA database

I 2010 er der kommet flere midler til energi FUD gennem globaliseringsmidlerne. Senest er der i november 2009 blevet bevilliget nye midler til Green Labs DK på 210 millioner kr i perioden 2010-2012, således at det samlede beløb anslås at være ca. 1,06 milliarder kr i 2010 eller ca. 0,07% af BNP.

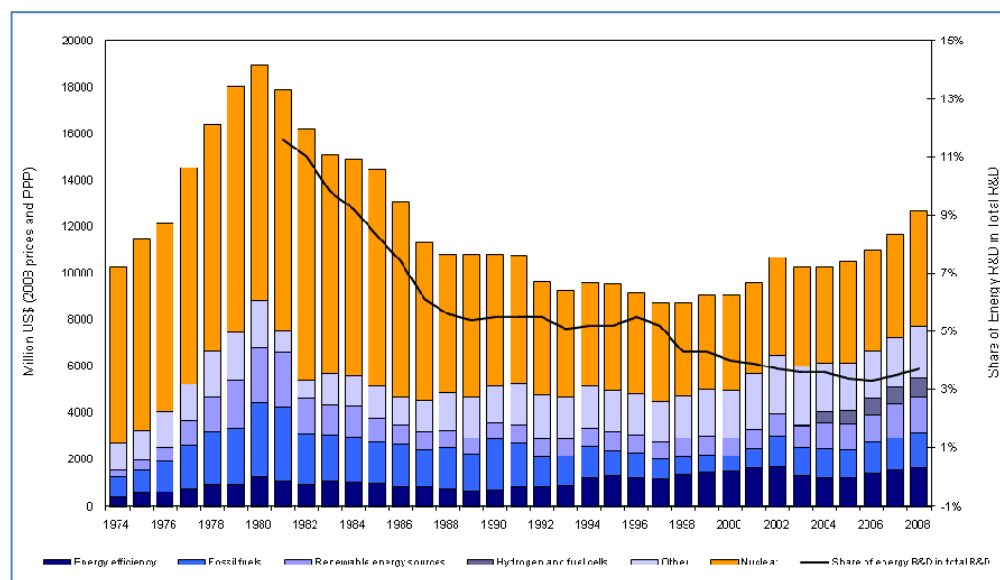
Også andre lande øger bevillingerne til energi FUD og har som Danmark forventninger om at skabe en grøn økonomisk vækst gennem en målrettet satsning på teknologiske løsninger på forsynings- og miljømæssige problemer. Konkurrencen om at blive en grøn vinderregion er derfor hårdere end nogensinde og stiller flere krav til en strategisk energiteknologisk indsats, hvad angår investeringer og en effektiv organisering af indsatsen.

2.2 Internationale analyser over FUD investeringsbehov

Forskellige internationale analyser har vurderet behovet for energi FUD investeringer og understreger samtidig betydningen af stabile investeringer, der er karakteriseret ved store fluktuationer, ofte bestemt af olieprisen og mangel på langsigtede, strategiske satsninger mv.

Udviklingen i IEA-landenes samlede offentlige FUD investeringer over tid fremgår i figuren nedenfor. Niveaueet var på sit højeste i 1980 med ca. 19 mia. US\$, og efter en årrække med faldende investeringer er de siden 2002 steget til ca. 12 mia. US\$ i 2008. Samtidig er fordelingen mellem teknologier ændret, især på bekostning af atomkraft. Figurens højre y-akse viser andelen af energi FUD i forhold til de samlede FUD investeringer. Som den sorte kurve angiver, er denne andel over tid faldet fra 13% i 1980 til 9% i 2008.

Figur 6: Udvikling i IEA-landenes offentlige energi FUD. 2008 US\$.



Kilde: IEA, 2010

Erkendelsen af de teknologiske udfordringer og det tempo, hvorunder nye løsninger skal udvikles og implementeres, er begyndt at give sig udslag i stigende budgetter for energi FUD, selvom disse endnu ikke er registreret i de internationale energi FUD statistikker. En række eksempler fremgår i boksen nedenfor.

Boks 3: Nordiske eksempler på ekstra-ordinære energi FUD bevillinger

Norge har i forbindelse med Klimaforliget i 2008 ekstraordinært bevilliget 960 mio. NOK over statsbudgettet i 2008-2010 til etablering af syv store forskningscentre for miljøvenlig energi (FME) med en projektperiode på 8 år (5 + 3). De offentlige midler matches med mindst et tilsvarende beløb i egenfinansiering. Midlerne inkluderer også indkøb af infrastruktur. Følgende centre er etableret:

- BIC CCC
- Centre for Environmental Design of Renewable Energy (CEDREN)
- Bioenergy Innovation Center (CENBIO)
- Norwegian Centre for Offshore Wind Energy (NORCOWE)
- Norwegian Research Centre for Wind Energy Technology (NOWITECH)
- Norwegian Research Centre for Solar Cell Technology
- Subface CO₂ storage – Critical Elements and Superior Strategy (SUCCESS)

Sverige har i 2009 ekstraordinært bevilliget 2,66 milliarder SEK til 20 strategiske forskningsområder på universiteterne, hvor af energi udgør 310 MSEK. Bevillingerne er efter åben konkurrence tildelt en strategisk energiforskningsindsats og infrastruktur for de kommende 5 år ved Chalmers Universitet, Umeå Universitet (sammen med SLU) og en koalition mellem Uppsala og KTH.

I de senere år er der lavet en række analyser over, hvor stort investeringsbehovet er for at kunne udvikle og markedsmodne nye energiteknologier. I tabellen nedenfor findes der en oversigt over relevante analyser, som for fleres vedkommende refererer til hinanden. Vurdering af FUD investerings niveau er generelt vanskeligt pga. den store usikkerhed og uforudsigelighed forbundet med innovationer. Metodemæssigt er der tre tilgange:

- Vurdering af forsikringsvilligheden for at undgå risici (Shock et al. (1999) og Nemet & Kammen (2007))
- Estimat af FUD i IEA ETP Blue scenario (50% energi-relaterede CO₂ reduktioner i 2005-2050) er baseret 10-20% af middelværdien af de samlede FUD og udbredelses udgifter (IEA, 2009 & 2010)
- Estimat af FUD investeringer baseret på de teknologi roadmaps, som der er opnået konsensus om (SET-Plan).

Tabel 4: Fremtidigt FUD investeringsbehov i udvalgte internationale studier

Udvalgte studier	Estimeret FUD investeringsbehov	Metode
Shock et al. (1999)	Konkluderer at energi FUD i USA bør øges med faktor 4.	Værdisætter energi FUD som en forsikringsinvestering, der skal reducere fire risici – klimastabilisering, olie prischok, luftforurening og afbrudte energiforsyninger.
Stern et al. (2006)	Anbefaler en fordobling af offentlige FUD investeringer (2005)	Refererer til en OECD publikation, hvor det anbefales, at niveauet mindst svarer til 1980-niveauet ¹⁴ .
Nemet & Kammen (2007)	Konkluderer, at de nuværende FUD investeringer øges med faktor 3-10 i USA.	Anvender samme metode som Shock et al.
UNFCCC (2007)	Konkluderer, at offentlige FoU bør fordobles.	Refererer til IEA og Stern, der anbefaler en fordobling af FUD.
EU SET-Plan (2009)	Konkluderer, at offentlige og private FUD investeringer bør øges med mindst faktor 3.	Identificerer gap mellem eksisterende niveau og niveau for realisering af SET-Planens prioriterede teknologi roadmaps.
IEA (2009) og (2010)	Konkluderer, at de nuværende offentlige FUD investeringer bør øges med mindst en faktor 3	Estimerer samlet FUD-behov i Blue scenario i ETP 2008 (50% reduktion i energi-relaterede CO ₂ -emissioner i perioden 2005-2050) svarende til 10-20% af gennemsnittet af de estimerede FUD omkostninger. Offentlig-private FUD investeringer antages at være 1:1. Gap identificeres ved at fratrække eksisterende FUD investeringer fra de estimerede offentlige FUD investeringer.

Kilde: Tilpasset efter IEA, 2009: 52

Spørgsmålet er, på hvilket niveau en dansk FUD-satsning skal være. Som udgangspunkt bør de offentlige investeringer være langsigtede, dække hele

¹⁴ Referencen (Doornbosch, R. & Upton, S., 2006) kan identificeres, men informationen fremgår ikke i side-henvisningen eller andetsteds.

værdikæden og trække lige dele private investeringer med sig. En målsætning om at øremærke en fast %-del af BNP kunne være et effektivt pejlemærke for ambitionen i en strategisk energiteknologisk indsats.

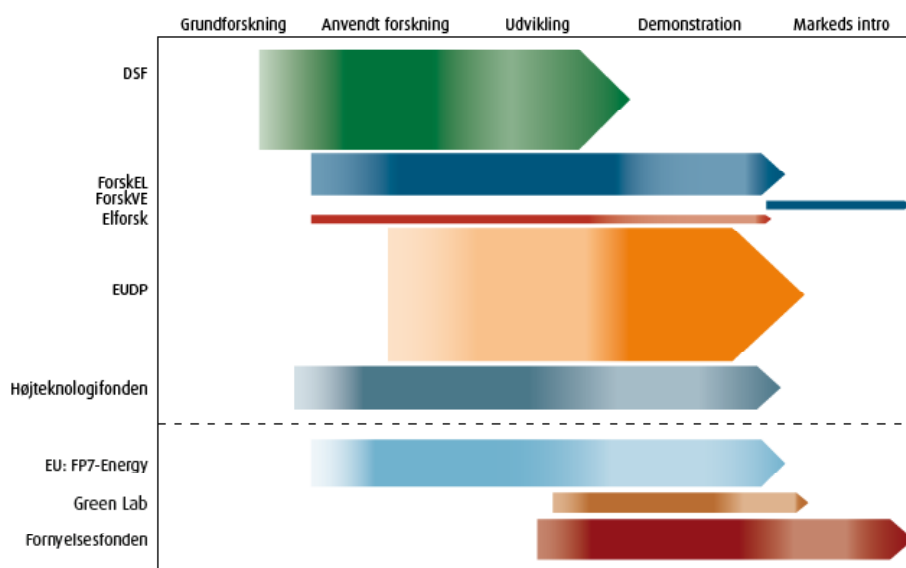
2.3 Organisering af Energiforskningsprogrammer

I Danmark udmøntes de offentlige energi FUD midler i en række forskningsprogrammer, som tilsammen støtter udviklingen af energiteknologier fra grundforskning til demonstration og til dels også markedsintroduktion (Se Figur 7). Højteknologifonden støtter teknologiudvikling generelt, men har en markant portefølje af energiteknologiske projekter. Senest med globaliseringsaftalen i 2009 er der kommet flere nye programmer, f.eks. Green Labs DK.

I tillæg kan der søges midler til energiforskning i konkurrence med andre sektorer blandt andet i Det Frie Forskningsråd, Rådet for Teknologi og Innovation (RTI) og EBST – Brugerdreven innovation. Sidst men ikke mindst kan der søges midler i EU forskningsprogrammer.

Ikke inkluderet i denne oversigt er den forskning, der er finansieret gennem basisbevillinger på universiteterne. Det drejer sig om ca. 400 mio. kr./år af universitets basismidler, der bruges til energiforskning i disse år, primært på Risø DTU med ca. 250 mio. kr./år og på Ålborg Universitet med ca. 125 mio. kr./år (CEPR, 2009).

Figur 7: Energiforskningsprogrammerne (2010) i energiteknologiernes udviklingskæde



Kilde: Energiforsk10 udkast

I Tabel 5 vises en oversigt over forskningsprogrammerne, deres fokus, administrerende institution samt finansiering. Programmerne hører under hhv. Klima- og Energiministeriet (KE Min), Ministeriet for Videnskab, Teknologi og udvikling (VTU Min) og Fødevareministeriet¹⁵. Overordnet set lægges der i

¹⁵ Andre relevante eller tilgrænsende ordninger omfatter: Miljøministeriets tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi; Udenrigsministeriet har flere programmer med fokus på energi, eksempelvis Chinese Renewable Energy Centre; Økonomi- og Erhvervsministeriets Fornyelsesfonden med 760 mio. kr i 2010-2012; Økonomi- og Erhvervsministeriets regionale, interregionale og tværregionale ordninger

programmerne stor vægt på kvalitet, relevans for den danske samfundsudvikling, markedsmodning og på potentiale for eksport. Desuden værdsættes samspil og samarbejde mellem private virksomheder og offentlige forskningsinstitutioner. For nærmere detaljer om hvert enkelt program henvises til Appendiks A.

Tabel 5: Danske energiforskningsprogrammer samt energi relevante generelle ordninger

Program	Støttefokus	Administration	Finansiering	Ressort
Det Strategiske Forskningsråd (DSF)	Forskning og udvikling i vedvarende energi og effektiv energianvendelse	DSF (Programkomiteen for Bæredygtig Energi og Miljø)	Finanslov (~300 mio kr/år)	VTU Min
EUDP	Udvikling og demonstration af energiteknologier	Uafhængig bestyrelse; Selvstændigt sekretariat i Energistyrelsen	Finanslov (200-400 mio kr/år)	KE Min
ForskEL	Forskning, udvikling og demonstration i miljøvenlige elproduktions-teknologier	Energinet.dk	PSO (130 mio. kr/år)	KE Min
ForskVE	Udbredelse af solceller, bølgekraft og bioforgasning	Energinet.dk	PSO (25 mio kr/år)	KE Min
ForskNG	Udvikling af naturgas transportsystemet og demonstration af gasteknologier	Energinet.dk	Gas-tarif (størrelse varierer)	KE Min
ForskIN	Forskning i og udvikling af elforsyningssystemet i Energinet.dk	Energinet.dk	Eltarif (størrelse varierer)	KE Min
Elforsk	Udvikling og demonstration af effektiv energianvendelse	Dansk Energi	PSO (25 mio kr/år)	KE Min
Højteknologi-fonden	Udvikling af teknologier, der skaber vækst og beskæftigelse i DK	Uafhængigt organ med selvstændig bestyrelse; Selvstændigt sekretariat	Delvis finanslov (indskud fastsat på årlige finanslove)	VTU Min
Rådet for Teknologi og Innovation	Støtter teknologi og innovation generelt. Indenfor energi er der en række innovations-netværk og innovationskonsortier.	Uafhængigt råd.	Lov	VTU Min.
Green Labs DK	Etableringen (ikke driften) af et mindre antal testlaboratorier, hvor virksomheder kan demonstrere og teste nye	EUDP bestyrelse EUDP sekretariatet	Finanslov (210 mio. i 2010-2012)	KE Min

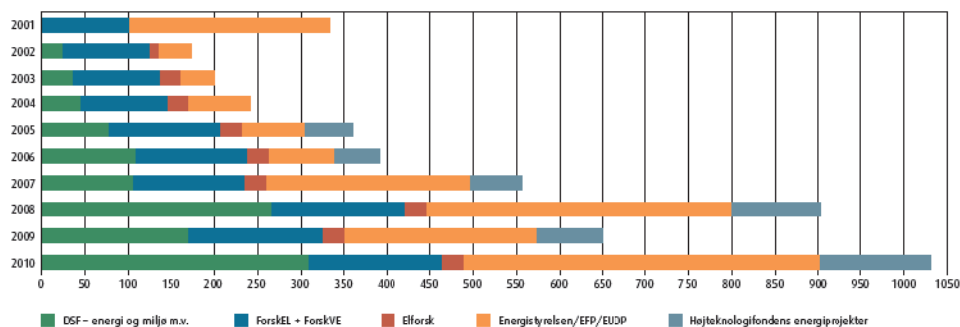
med vægt på grøn økonomisk vækst, eksempelvis Copenhagen Climate Cluster og Vækstregion Sjælland.

Program	Støttefokus	Administration	Finansiering	Ressort
	grønne teknologier under realistiske omstændigheder.			
Grønt Teknologisk Udviklings- og teknologiprogram (GUDP)	Tilskud til klima- og energiprojekter indenfor fødevarer, jordbrug, fiskeri og akvakultur, herunder en mere CO2-neutral energiproduktion i landbruget samt biogasanlæg.	Bestyrelse udpeget af ministeren.	Finanslov (120 mio kr i 2010-2012)	Fv Min

Kilde: tilpasset efter DI, 2009.

I nedenstående figur illustreres størrelsen af midler fra de forskellige forskningsprogrammer for 2001-2010. Oprindeligt udgjorde midler fra Energistyrelsen langt den største del af de offentlige FUD investeringer med et substantielt bidrag fra ForskEL programmet. Derefter begyndte Det Strategiske Forskningsråd og Elforsk at bidrage, og fra 2005 også Højteknologifonden. Med etablering af EUDP i 2007 bidrager dette program med størstedelen af energiforskningsmidlerne til de ressourcekrævende udviklings- og demonstrationsprojekter. Derudover udgør midler fra Det Strategiske Forskningsråd, ForskEL, ForskVE og Højteknologifonden også substantielle bidrag. 85 mio. kr. EUDP-biobrændstofmidler fra 2009 og 2010 blev fremrykket til 2008, hvilket påvirker tallene for 2008.

Figur 8: Offentlige midler til energiforskning 2001-2010 i mio. kr.



Kilde: Energiforsk10 udkast

I Tabel 6 ses fordelingen af faktiske bevillinger fordelt på forskellige teknologier. Især EUDP, men også ForskEL, ForskVE og DSF favner bredt. Elforsk investerer til gengæld kun i effektiv energianvendelse. De højest prioriterede teknologier i 2008 var brændselsceller og brint, effektiv energianvendelse og konvertering af VE-el.

Tabel 6 Fordeling af energiforskningsmidler på teknologier i mio. kr.

	EUDP 2008-I-II	Dansk Energi PSO elanvendelse	Energinet.dk: ForskEL, ForskVE 08+09 m.v.	DSF Programkomite for bæredygtig energi og miljø	Øvrige energi- projekter Viden- sksministeriet	Højteknologifonden	FTP (tidl. STVF)	I alt (mio. kr.)	I alt (%)
(Bevillingsår)	2008	2009	2009	2008	2008	2008	2008		
Biomasse	9,5		37,5					47,0	5,8
Flydende biobrændstoffer	65,5			22,5		18,0	5,0	111,0	14,0
Vind	17,1		12,2	24,0	25,0	35,0		113,3	14,2
Bølgeenergi, vandkraft	20,0		24,4					44,4	5,6
Solceller (PV), solvarme i alt	6,7		28,7					35,4	4,5
Brændselsceller og Brint	47,6		44,2	13,3		21,2		126,3	16,0
Konvertering af VE-el					119,9			119,9	15,1
Effektiv energianvendelse	33,9	25,0		25,0	12,6	29,0		125,5	15,8
Fossilt, inkl. CCS	3,0		1,6	3,2	7,0			14,8	1,9
Analyser, System, Lagring	4,5		37,3	13,3				55,1	7,0
Andet, Data, Reserve	0,8							0,8	0,1
Internationalt samarbejde (NEF, IEA)	0,2							0,2	0
I alt	208,8	25,0	185,9	101,3	164,5	103,2	5,0	793,7	100

Offentlige og forbrugerfinansierede tilskud til energiforskning og udvikling – fordelt på indsatsområder (mio. kr.). Tal er foreløbige.

Kilde: Energi09

Selvom de samfundsmæssige investeringer i energi FUD er øget ganske betydeligt i de senere år, er samfundsvidenskabelige analyser ikke længere et prioriteret område i dansk energiforskning. EFPs indsats indenfor teknologi og samfund er bortfaldet og kun i begrænset omfang kompenseres gennem samfundsfaglige komponenter i de teknologiske projekter. Dog har DSF givet støtte til et større samfundsvidenskabeligt system-studie (CEESA – Coherent Energy and Environmental System Analysis). Det er paradoksalt, at det store politiske fokus på de enorme energi- og klimamæssige udfordringer ikke understøttes af en solid samfundsvidenskabelig dansk forskningsindsats, der kan skabe ny viden om, hvordan de energi-, klima- og samfundsøkonomiske mål kan realiseres, herunder også vilkår og rammer for teknologiinnovationer og forbrugeradfærd. Det står i kontrast til andre landes prioriteringer, jf. boksen nedenfor. Og danske beslutningstagere – offentlige såvel som private – må i stigende grad bero på input fra internationale analyser (Stern, IEA, OECD, UNFCCC mfl.), ikke forsknings-baserede udredninger fra konsulentvirksomheder og det stigende antal tænketanke (Concito, CEPOS, DEA mfl.).

Boks 4: Eksempler på samfundsvidenskabelig forskning i energi FUD programmer

Renergi-program, Norges Forskningsråd: Som opfølgning på Energi21s prioritering af samfundsvidenskabelig forskning på linje med andre teknologiske områder efterspørges der både en bedre samfundsvidenskabelig forståelse i de teknologiske projekter samt rene samfundsvidenskabelige projekter indenfor eksempelvis:

- Viden om udviklingstræk i europæisk energipolitik, og hvilke konsekvenser dette har for indretning af energipolitik og F&U-satsninger i Norge.
- Viden om rammebetingelser for F&U investeringer og implementering af ny teknologi og energieffektive løsninger
- Viden om og udvikling af modeller, virkemidler og værktøj, som effektivt kan bidrage til at realisere energipolitiske mål.

I februar 2010 har den norske Olie- og energiminister annonceret nye 20 MNOK til etablering af et samfundsvidenskabeligt forskningscenter i stil med de øvrige syv Forskningscentre for Miljøvenlig Energi (FME).

Med den seneste fordeling af globaliseringsmidlerne er der tilført midler til grøn forskning under DSF for 2010-2012, og der er kommet 210 millioner kr. til Green Labs DK og 760 mio kr. til den grønne Fornyelsesfond, også for perioden 2010-2012. Mens EUDP-bestyrelse og sekretariat har fået ansvar for administration af Green Labs DK, er der oprettet en hel ny bestyrelse og sekretariat for Fornyelsesfonden under Økonomi- og Erhvervsministeriet. Det sidste bidrager blot yderligere til fragmenteringen af en samlet dansk FUD&D indsats og stiller endnu større krav til koordinering og samordning mellem de mange offentlige støtteordninger.

Men ellers er der stor usikkerhed om, hvor mange midler især EUDP og DSF kan disponere over i fremtiden, idet der ikke er truffet politisk aftale om disse efter 2010. I værste fald kan dette betyde et midlertidigt stop for de sidste års opbygning af ressourcekrævende udviklings- og demonstrationsprojekter, som der har været stor efterspørgsel efter.

2.4 Koordinering og samspil

Koordinering og samspil mellem programmerne eksisterer på forskellige niveauer.

På bestyrelsesplan er der et vist personsammenfald, som er med til at sikre en mere implicit samordning. Endvidere mødes bestyrelsesformændene for EUDP, DSF og Højteknologifonden samt repræsentanter for Dansk Energi og Energinet.dk jævnligt for gensidig orientering. Senest er der sket en vis form for indholdsmæssig koordinering mellem DSF Programkomite for Energi og Miljø og Energinet.dk ForskEL for at sikre adækvate støttemidler fra strategisk forskning til udvikling og demonstration indenfor bl.a. intelligent energi. Interessant er også pilotprogrammet SPIR, som DSF og RTI har iværksat, hvor strategiske forskningsmidler (35mio kr) matches med innovationsmidler (15 mio kr) til en 5-7 årig integreret forsknings- og innovationsplatform i størrelsesordenen 100 mio kr, inkl. medfinansiering.

På det administrative niveau har lov om forskningsfaglig rådgivning¹⁶ fra 2004 fungeret som en væsentlig koordineringsmekanisme mellem programmerne. Det gælder især DSF og EUDP, men også PSO-programmerne hos Energinet.dk har frivilligt gjort brug af denne ordning. Højteknologifonden har valgt at bruge evaluatore fra Det Frie Forskningsråd.

Med afsæt i denne koordinering er der over år gjort en del tiltag for at samordne ansøgningsfrister og information overfor projektansøgere og udveksle information og erfaring mellem program-administratorene. En fælles web-portal har leveret information om de forskellige programmer og links til relevante FUD strategier indenfor forskellige teknologier (www.energiforskning.dk)¹⁷. De årlige netværksmøder har over tid udviklet sig, således at en række arbejdsgrupper nu arbejder mellem møderne om f.eks. evaluering mv. Der laves en årlig fælles energiforskningsrapport, der giver overblik over dansk energiforskning, og der afholdes fælles konferencer og informationsmøder om nye calls.

¹⁶ Højteknologifonden, EUDP og PSO-programmerne under Energinet.dk og Dansk Energi (Lov LBK 1348; L1459; L555; BEK nr. 856 af 01/20/2001).

¹⁷ Portalen er dog nødlidende. Hvis den skal opretholdes, vil der være behov for tilførsel af ressourcer.

Der er en vis arbejdsdeling mellem programmerne (eller deres respektive ressort-ministerier), hvad angår europæisk samspil. På det strategiske eller programforberedende plan har Forsknings- og Innovationsstyrelsen ansvar for koordinering af synspunkter i forhold til diverse programkomiteer under EU rammeprogrammer (Coordination). Det er dog Energistyrelsen, der har ansvar for koordinering af synspunkter i forhold til SET-Plan, inkl. de to bærende mekanismer – EERA og EII. Energinet.dk er medlem i ENTSO-E og deltager dermed i organisationens forskningsstrategi for fremtidens intelligente net.

I de forskellige programmer er der forskellige virkemidler, der understøtter internationalt samspil, men disse koordineres ikke.

Uanset ovenstående koordinerings- og samordningstiltag har der været flere røster fremme om nytten af en sammenlægning af programmer og i nogle tilfælde en helt ny struktur:

- **DI Energibranche** stiller forslag om en sammenlægning af flere programmer for derigennem at skabe kritisk masse i forhold til administration og uddeling af midler. Konkret foreslås to programmer, hvor det ene skal støtte forskning og udvikling og det andet demonstration og markedsmodning (DI Energibranchen, 2009: 30)
- **Dansk Energi** har sammen med Dansk Metal, Dansk Industri, Ingeniørforeningen foreslået en uafhængig energi- og klimateknologisk forskningsfond, hvis grundkapital skal forhøjes med 300 millioner kroner hvert år frem mod 2020.
- **En forskergruppe på CBS** foreslår etablering af et Energiforskningsråd, der skal fordele midler til relevante under-råd og samtidig skelne til en vis fordeling på tværs af teknologiområder (Rosenhagen et al., 2009: 58).

Disse forslag afspejler en række problemstillinger. For det første drejer det sig om en sammenhængende indsats, der støtter projekter i hele værdikæden fra forskning og til demonstration og test. Denne forenkling vil gøre det lettere for ansøgerne, der i dag skal forholde sig til forskellige programmer, næsten lige så mange ansøgningsfrister og forskellige projektyper, vurderingspraksis og administration. For det andet drejer det sig om forudsigelighed i de fremtidige midler til energi FUD, hvor en model i stil med Højteknologifonden synes at være attraktiv med en gradvis opbygning af kapital. For det tredje handler det om en vis top down fordeling af midler på forskellige teknologiområder, så fordelingen mellem teknologiområderne ikke kun bestemmes bottom up gennem de ansøgninger, der fremsendes. I parentes bemærket havde EUDP som en del af sin samlede bevilling politisk fastsatte midler til 2. Generations bio-ethanol i 2007-2010.

Men disse forslag forholder sig ikke overbevisende til de tre grundlæggende hensyn, der i forskellig grad gennemsyrrer de eksisterende programmer, nemlig hensynet til udviklingen af det eksisterende danske energisystem, Danmarks position i den internationale videnproduktion indenfor energi og hensynet til en langsigtet kompetence- og videnopbygning. Ej heller forholder forslagene sig til forskellen i de nuværende finansieringskilder, hvor nogle er bestemt på de årlige finanslove (i de senere år delvist efter aftale om fordeling af globaliseringsmidlerne), andre gennem opbygning af en fondskapital og andre gennem PSO-midler. Det fremgår heller ikke, hvordan et internationalt samspil kan opnås. Det gælder i særdeleshed relationen til SET-Planen, samspillet med de institutionelle mekanismer i SET-Planen og de indikative roadmaps. Sidst men ikke mindst er der ingen refleksioner over, hvilken rolle de strategiske partnerskaber og privat kapital skal spille.

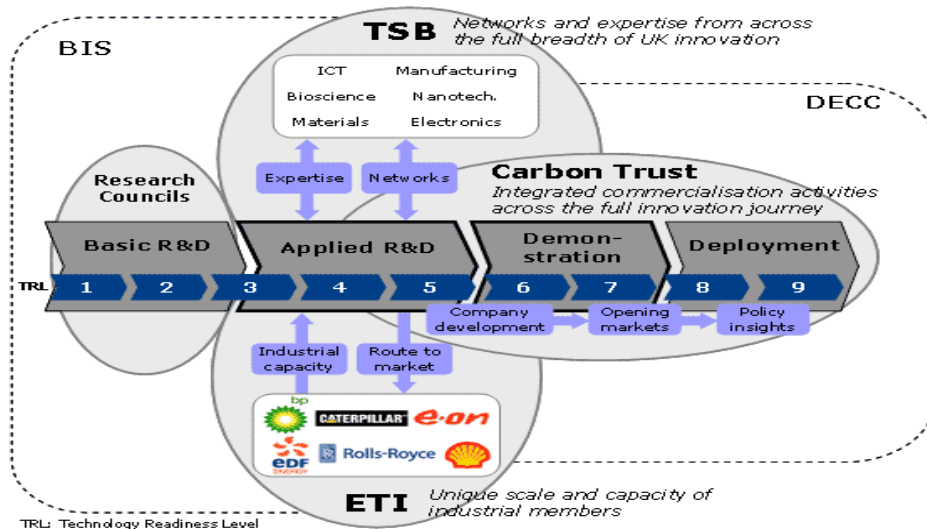
Men der er da ikke tvivl om, at relativt enkle greb kan bidrage til at styrke koordinering og samordning mellem de mange offentlige støtteordninger, således at danske videnmiljøer får de bedste og ikke-byrokratiske rammer og på konkurrencemæssige vilkår til at udvikle den fremmeste viden, de bedste teknologiske løsninger til gavn for energisystemet og samfundsøkonomien. Udfordringen er at udvikle fælles procedurer, processer og aktiviteter, der adresserer:

1. Fælles energi FUD strategi for alle programmer, inkluderende sammenlignelige strategiske forskningsagendaer og udbredelsesplaner for prioriterede teknologiområder
2. En samlet virtuel indgang for ansøgere med information om løbende calls, information om tidligere og igangværende projekter, strategi-dokumenter, analyser mv.
3. Mulighed for fælles programmering, udvikling af fælles portefølje af projektvirkemidler og minimering af forskellige ansøgningsprocesser og deadlines.
4. Effektiv implementering og opfølgning på igangværende projekter.

I boksen nedenunder gives et eksempel på en koordineringsmekanisme, der med respekt for forskellige institutioner samordner FUD aktiviteter.

Low-carbon Innovation Group (LCIG), UK

LCIG er en formel koordinering mellem tre uafhængige, regeringsstøttede institutioner – Energy Technology Institute (ETI), Carbon Trust og Technology Strategy Board (TSB). Gennem samordning er målet at maksimere indsatsen for at nå UKs energi innovations mål fra anvendt forskning til markedsudbredelse. Mens TSB tilfører samspil med UKs samlede innovations ekspertise og netværk, bidrager ETI med industriel kapacitet og en stærk orientering mod markedsbehov. Carbon Trust tilbyder integrerede kommercialiserings-aktiviteter. Forskellige mekanismer bringes i spil i de forskellige faser af værdikæden.



Samordnings-principper:

LCIG har komplementære og adskilte kompetencer, som gennem samspil sikrer at aktiviteter gennemføres af den/de institutioner, som har de bedste forudsætninger for at løse opgaven.

LCIG tilbyder en fælles indgang for eksterne interessenter. Samordning sker internt. LCIG medlemmer har egne styringsprocesser, og samordningen bryder ikke med disse. LCIG udveksler information, men opretholder en strikt kommerciel fortrolighed.

Samordning med andre interessenter

Med forskningsrådene samordnes resultater på tværs af værdikæden.

Med politiske beslutningstagere (ministerier for energi/klima, miljø, erhverv/innovation, transport, finans samt regionale og lokale myndigheder) sikres overensstemmelse med politiske mål og at udbytte fra innovationsaktiviteter fødes tilbage til politikudviklingen.

De tre CEOs deltager i andre koordinerende instanser som Energy Research Partnership, et offentlig-privat partnerskab med ansvar for en samlet UK strategi for energi FUD. En analysegruppe assisterer Partnerskabet med scenarier, teknologi roadmaps og benchmarks.

2.5 Sammenfatning

I Danmark er offentlige energi FUD investeringer steget ganske væsentligt i de seneste år og forventes med den seneste globaliseringsaftale i november 2009 at blive over 1 milliard kr. i 2010. Set i forhold til BNP har niveauet været stigende og er i 2008 på 0,04%, hvilket er under Japan og Finland med 0,08% af BNP til energi FUD, men over lande som USA (0,03%) og Tyskland (0,017%). I 2010 anslås andelen at komme op på 0,07% af BNP, hvilket er det højeste nogensinde.

Det er dog problematisk, at der ikke er taget politisk beslutning om midler til det største program EUDP og for DSF for 2011 og fremover. Set i forhold til midler brugt på energiforskning i resten af IEA har Danmarks andel været stigende siden 70'erne. 99% af de offentlige midler til energiforskning kommer dog stadig fra andre lande.

IEA-landenes offentlige FUD investeringer viser store udsving og er i 2008 ikke på niveau med indsatsen i 1980. Analyser over behov for fremtidige energi FUD investeringer har forskelligt udgangspunkt og anvender forskellige metoder, men samstemmende understreges betydningen af stabile investeringer, der sammen med andre markedsfremmende mekanismer kan udvikle og markedsmodne nye teknologier indenfor de næste årtier.

Siden 2001 er der kommet en række nye energiforskningsprogrammer, således at energiforskningen i dag finansieres af en vifte af forskellige programmer, der primært er organiseret under Klima- og Energiministeriet eller Ministeriet for Videnskab, Teknologi og udvikling. Programmerne har forskelligt fokus og understøtter forskellige faser i energiteknologiernes udviklingskæde. Der er en række koordineringstiltag indenfor administration og information, men også kritik af det nuværende system og forslag om sammenlægning af programmer.

Udfordringen er - uden store institutionelle ændringer - at tilrettelægge en effektiv koordinering og samordning, således at den samlede indsats bliver sammenhængende, kontinuerlig, ambitiøs og profileret indenfor prioriterede teknologiområder. En anden udfordring er at udvikle en samordnet indstilling til mål og rammer for offentlig-private partnerskaber i en national og international indsats, ikke mindst i forhold til SET-Planen og de europæiske industri initiativer.

3 Innovationssystemet for vind

Innovationssystemet for vind viser mere end noget, at innovationssystemer er dynamiske og under konstant forandring. Igennem mange år har den danske vindkraftindustri været et førende kompetencecenter med veludbyggede vidennetværk opbygget gennem et tæt samspil mellem teknologiproducenter, teknologibrugere, videninstitutioner og under generelt gode rammevilkår. Vindkraft er verdens hurtigst voksende energiform, og den globale udvikling i vindkraftindustrien betyder, at produktion og i visse tilfælde F&U afdelinger er opbygget nær vækstmarkederne i USA og Asien.

Globaliseringen i vindkraftindustrien betyder derfor også stigende konkurrence på viden og kompetencer. Hvis det danske innovationssystem for vind skal være et internationalt konkurrencedygtigt kompetencecenter, fordrer det en skarpere fokuseret og prioriteret indsats indenfor forskning, udvikling og demonstration.

Kapitlet består af fire afsnit:

- **Teknologiske trends** beskriver udviklingen og især opskaleringen i teknologien og de teknologi spor, der forventes at dominere fremover med fokus på vindkraftværk og integration i energisystemet.
- **Markedsudviklingen** beskriver udviklingen på de globale markeder, hvilke lande har installeret mest vindenergi, hvilke har investeret i ny kapacitet og hvor meget forventes installeret i fremtiden. Afsnittet indeholder også en top 10 liste over teknologiproducenter.
- **Innovationssystemet** for vind beskriver de centrale aktører i systemet, deres interaktion samt de rammer, som de opererer under.
- **Sammenfatning** med vurdering over strategiudvikling, offentlige FUD investeringer, samspil og internationalt samarbejde.

3.1 Teknologiske trends

De sidste 20-30 års udvikling af vindmøllen har været karakteriseret ved, at vindmølle typerne er blevet større og større. Drivkraften bag produktudviklingen har været omkostningsreduktion, og det væsentligste middel har været opskalering. Også hensyn til vindkraftens indpasning i el-systemet, driftssikkerhed og udvikling af havvindmøller har været centralt for den industrielle innovation (Borup et al, 2009: 95).

En moderne vindmølle består af en rotor med ofte tre vinger, der trækker en generator, der producerer elektricitet. Rotor og generator er anbragt i toppen af et tårn, der står på et fundament på land eller på havbunden. Møllehatten (nacellen) styres via avanceret styringsteknik på grundlag af vindens retning og hastighed. Vindbaseret el-produktion afhænger af vindforholdene. Vinden blæser ikke altid, og vindhastigheden varierer meget fra sted til sted og over tid. De fleste vindmøller er indrettet, så produktionen starter ved en vindhastighed på 4 meter i sekundet og når det maksimale produktionsomfang ved hastigheder på 12-15 meter i sekundet. Møllerne er som regel designet til en levetid på 25 år, og disse designmæssige forudsætninger betyder, at vindmøllen af sikkerhedsmæssige årsager stoppes ved 25 meter i sekundet.

I en lang årrække blev vindmøller udviklet og produceret med sigte på at blive opstillet som enkeltstående møller. Den store udbygning med vindkraft har betydet, at vindmøller, herunder specielt vindmøller i store parker onshore og offshore,

udvikles, så de får flere kvaliteter, der kan anvendes i det samlede energisystem. Vindmøller bliver kraftværker. Når vindkraft i højere grad får status som el-leverandør, må vindkraft forstås og udvikles som en integreret del af det samlede energisystem. Det stiller krav om mere viden om vindproduktion, forudsigelse af produktion og bedre integration af vindkraft i det samlede energisystem gennem bedre regulering og styring, intelligent elforbrug og lagring af elproduktion (Megavind, 2007: 16).

Der er stor forskel på investerings- og driftudgifter per MW i forhold til land- og havbaserede møller. Dertil kommer forskelle i udgifter på forskellige markeder (IEA, 2009)¹⁸:

- Investeringsudgiften i 2008 til en landbaseret vindmølle, net tilslutning, fundament, infrastruktur mv. varierer mellem 0,98 – 2,2 M €/ MW. I Europa var udgiften mellem 1-1,9 M€/ MW, i Nordamerika 0,98 – 1,3 M€ i Japan 1,8 – 2,2 M€ og kun 1,45M€ i Kina og Indien.
- Udgifter til havvindmøller er vanskeligt at sætte en gennemsnitlig pris på, da projekterne er meget forskellige. Selve møllen udgør kun ca. halvdelen af investeringsudgiften, resten går til fundament og kabelføringer, som igen afhænger af vanddybden og afstanden til kysten. I 2008 var off shore investeringer i UK 2,1 M€/ MW og 3,2 M€/MW i Tyskland og Holland.
- Udgifter til drift og vedligeholdelse inkluderer service, reservedele, forsikring, administration, grundudgifter og el fra nettet. For landbaserede møller varierer prisen mellem 12-32 €/MWh, og for havvindmøller er udgiften 14-48€/MWh. Generelt er det vanskeligt at ekstrapolere udgiften til drift og vedligeholdelse, da teknologien udvikles særdeles hurtigt.

Omkostningsreduktionen har været drevet af konkurrencen på markedet. Fokus har været på opskalering af møllerne og industrialiseret produktion. Fortsat omkostningsreduktion forventes at ske gennem ny forskning og udvikling, innovation og fortsat optimering i produktionen. Prioriteringer er:

- Videreudvikling og forbedring af nye møller og komponenter for land- og havvindkraft
- Offshore teknologi og nye fundamentkoncepter for havdybder over 30m, herunder også nye koncepter for opførsel, drift og vedligeholdelse.
- Udfordringer knyttet til integration af storskala vind i energisystem (og grænseoverskridende energisystemer)
- Bedre vindmålingsmetoder og planlægnings- og siting værktøjer ved placering af vindmøller på land og til havs.
- Nye kosteffektive materialer

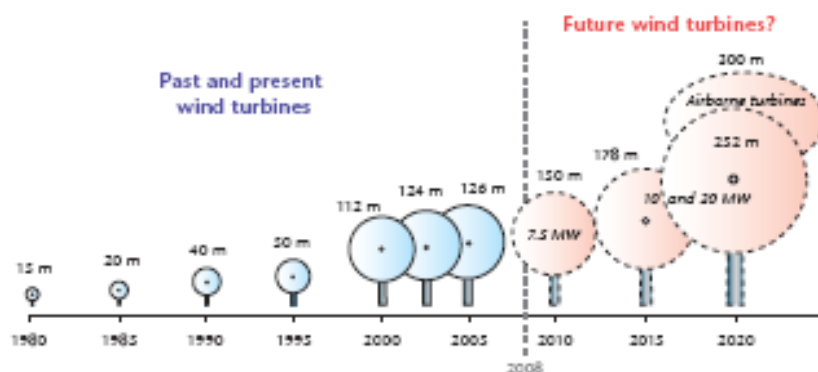
I SET-Planen forventes en 20% omkostningsreduktion i vindkraft i 2020, mens der i IEA Wind Energy Technology Roadmap regnes med 23% omkostningsreduktion for landmøller og 38% for havmøller i 2050 (Blue Scenario).

Vindmøller er fortsat ikke en fuldt moden teknologi, der kan konkurrere med konventionelle teknologier på markedsvilkår. Som yderligere illustration er der ikke udviklet fælles standarder for de komponenter, som møllen er lavet af, og disse produceres primært efter specifikationer fra de enkelte møllefabrikanter.

Udvikling i møllestørrelser siden 1980 fremgår af nedenstående figur.

¹⁸ For danske tal henvises til Sektoranalyse – El- og varmeforsyning, final draft 21. september 2009

Figur 9: Udvikling i møllestørrelser



Kilde: IEA, 2009: 22.

3.2 Markeder og erhverv

Vindkraft er verdens hurtigst voksende vedvarende energiform med gennemsnitlige årlige vækstrater på lidt under 30% i de sidste ti år (GWEC, 2010). I 2010 udgør vindkraft 1,6 % af den globale el-produktion (BTM, 2010).

Tabellen over top-10 lande med installeret kapacitet viser, at USA, Kina og Tyskland udgør 55% af den samlede kapacitet på 158 GW. Ses på top-10 lande med ny installeret kapacitet i 2009 tegner Kina og USA sig for 62% af ny installeret kapacitet (GWEC, 2010).

Tabel 7: Oversigt over top 10 lande med installeret og ny kapacitet, 2008.

Top 10 installeret kapacitet 2009			Top 10 ny installeret kapacitet i 2008		
	MW	%		MW	%
USA	35.064	22,1	Kina	13.803	36,0
Kina	25.805	16,3	USA	9.996	26,1
Tyskland	25.777	16,3	Spanien	2.459	6,4
Spanien	19.149	12,1	Tyskland	1.917	5,0
Indien	10.926	6,9	Indien	1.271	3,3
Italien	4.850	3,1	Italien	1.114	2,9
Frankrig	4.492	2,8	Frankrig	1.088	2,8
UK	4.051	2,6	UK	1.077	2,8
DK	3.535	2,2	Canada	950	2,5
Portugal	3.465	2,2	Portugal	673	1,8
Rest verden	21.391	13,5	Rest verden	3.994	10,4
Top 10	137.114	86,5	Top 10	34.349	89,6
Verden	158.505	100	Verden	38.343	100

Kilde: GWEC, 2010.

Den globale efterspørgsel efter vindkraft forventes at stige med en årlig gennemsnitlig vækst på 22% fra 2008 til 2013, eller en stigning på 175% i den installerede kapacitet (Deloitte, 2009: 6). Det er især markederne i Asien og Nordamerika, der forventes at drive væksten med gennemsnitlige årlige vækstrater på henholdsvis 25% og 37%. I Europa forventes en gennemsnitlig årlig vækst på 12%. På grund af relative høje transportomkostninger, forskelle i produktions- og lønomkostninger samt politiske krav om lokal produktion, forventes mere og mere af produktionen at koncentreres på eller nær markederne.

Offshore markedet forventes at vokse kraftigt i de kommende år. I 2009 er offshore kapaciteten på 2 GW i Europa eller 2,6% af den installerede kapacitet. Den forventes at stige til 40 GW i 2020, hvilket svarer til 17% af en samlet forventet. For eksempel har lande som UK, Tyskland og Holland indført ganske attraktive støtteordninger med både gode tariffer og investeringsstøtte (Berlingske den 6. januar 2009). I USA forventes offshore kapaciteten at vokse til 54 GW i 2030 eller 18% af en samlet forventet kapacitet på 293 GW (Deloitte, 2009: 8). I 2008 havde Vestas og Siemens en markedsandel på tilsammen 94% af offshore markedet (Deloitte, 2009: 8).

På lang sigt (2050) er der forskellige fremskrivninger over vindkraftens andel af den globale el-produktion, og her forventer alle en væsentligt lavere gennemsnitlig vækstrate end i de sidste 10 år. I 2050 forventer IEA en andel på 4,2% (679 GW) og GWEC en andel på 11,2 – 21,2% af global el-produktion (1.834-3.598 GW) (GWEC, 2008: 39).

Markederne er ikke længere domineret af mindre private kunder, men store og ofte internationalt kommercielle kunder. I nogle tilfælde leverer teknologiproducenterne hele anlægget, eventuelt suppleret med ansvar for drift og service. I andre tilfælde er energi- og elselskaber, developere og rådgivere selv involveret i planlægning og opførelse. Eksempelvis købte Dong Energy sammen med Siemens 50% af vindmølleparken Lincs ud for kysten i det østlige England. Vindmølleparken forventes opført i 2010 med 75 Siemens havvindmøller af samme type som ved London Array, hvor begge selskaber også er involveret (Berlingske Tidende, torsdag 24. december 2009).

Teknologiproducenterne har i dag udviklet sig til internationale industrikoncerner, der opererer på et globalt marked. Vestas er fortsat markedsleder, men udfordres stærkt af amerikanske, tyske, spanske og asiatiske vindmølleproducenter¹⁹. Komponentindustrien er også i stigende grad blevet internationaliseret, men har ikke i samme grad som møllefabrikanterne udviklet fælles standarder, men producerer fortsat efter specifikationer bestemt af de enkelte mølleproducenter.

Over tid er der sket en spredning i markedsandele blandt de førende producenter. Som Tabel 8 viser, havde de 4 førende producenter i 2008 54,4% af markedet mod 60,6% i 1996. Ifølge GWEC vil denne tendens fortsætte, især med mange nye producenter i Kina.

Tabel 8: Udvikling i markedsandele for top-4 og top-10 producenter

	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2007	2008
Top-4	60,6%	61,4%	58,3%	68,2%	76,3%	69,8%	63,9%	54,4%
Top-10	88,5%	91,4%	91,8%	95%	96,1%	95,7%	90,7%	84,4%

Kilde: GWEC og BTM Consult, 2009

¹⁹ Markedsandele i 2009: 1. Vestas 12,5%, 2. GE Energy (US) 12,4%, 3. Sinovel (Kina) 9,2%, 4. Enercon (DE) 8,5%, 5. Goldwind (Kina) 7,2 %, 6. Gamesa (ES) 6,7%, 7. Dongfang (Kina) 6,5%, 8. Suzlon (Indien) 6,4%, 9. Siemens (DE) 5,9%, 10. Repower (DE) 3,4% og øvrige 18,5% (Berlingske Tidende 30. marts 2010).

3.3 Aktører og samspil i innovationssystemet

Aktører

Gennem de sidste 20 års fusioner, opkøb og konkurrence er antallet af vindmølleproducenter i Danmark minimeret til to – Vestas og Siemens. De er til gengæld blandt de ledende vindmølleproducenter på globalt plan med henholdsvis 12,5% og 5,9% markedsandele i 2009. Andre mølleproducenter som spanske GAMESA og indiske Suzlon har etableret F&U afdelinger i Danmark for at drage nytte af det generelt høje kompetencemiljø, der findes i Danmark.

Foruden mølleproducenterne består vindindustrien af en lang række underleverandører af produkter, komponenter og tjenesteydelser. Blandt de store specialiserede underleverandører er LM Glasfiber, der er blandt de største indenfor vingeproduktion. Desuden findes der leverandører af mindre komponenter og materialer og traditionelt ordreproducerende metalvirksomheder. Ganske som mølleproducenterne er der også sket en vis konsolidering blandt underleverandørerne, hvor grupper af virksomheder går sammen om at levere til vindkraftindustrien i Danmark og internationalt. Selskabet Skykon er et sådant eksempel. I takt med at markedsvæksten flytter til nye markeder udenfor Europa og pga. hård konkurrence fra nye spillere med base i lavtlønslande, forventes en yderligere konsolidering og internationalisering blandt de danske underleverandører (Deloitte, 2009: 5).

En række rådgivnings- og konsulenter firmaer som COWI, Rambøll, Delta, Force og BTM-Consult yder specialiserede tjenester til sektoren.

Samlet beskæftigede branchen i 2008 ca. 28.400, hvoraf halvdelen arbejder med produktion, komponenter og lignende, mens 20% arbejder med forskning, test og udvikling, 10% med salg og serviceydelser. De resterende 15% arbejder med rådgivning, drift mv.

Efter den omfattende universitetsreform er antallet af videninstitutioner blevet færre men større. Det største videncenter findes på Risø DTU, men der er også store miljøer på Aalborg Universitet og i GTS systemet. Miljøerne har samarbejdet gennem en lang årrække, og i 2002 blev Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi etableret af fire partnere (Risø, DTU, Aalborg Universitet og DHI Denmark (GTS) med det formål at skabe synergi mellem danske kompetencemiljøer, styrke samspillet mellem industrien og den offentlige forskning og udbygge det internationale vidensamarbejde. Senest er der kommet en ny spiller på banen, i det lukningen af Lindø værftet har fået en række interessenter til at etablere Lindø Offshore Renewables Center (LORC) i december 2009 (www.lorc.dk).

Ejerne af møllerne har tidligere været private landmænd og vindmøllelaug med små, lokale investorer. I 1985 og senere blev der indgået aftale mellem regering og elværkerne om, at elværkerne skulle udbygge vindkraft på 400 MW og blev derved de mest betydende vindmølleejere. I dag er DONG Energi og det svenske energiselskab Vattenfall de betydeligste mølleejere. Senest i 2008 har E.ON Sverige fået konsession på havvindmølleparken Rødsand II ud for Lolland.

I 2006 blev det offentlig-private partnerskab Megavind etableret. Det byggede videre på Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi, men med en stærkere virksomhedstilknytning. Partnerskabet har sekretariat hos Vindmølleindustrien. Megavind betragter sig selv som katalysator og igangsætter for en styrket afprøvnings-, demonstrations-, og forskningsstrategi i Danmark og har i tæt

samarbejde med Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi lavet en forskningsstrategi ”Danmarks fremtid som kompetencecentrum for vindkraft” og tre specialrapporter indenfor afprøvning og demonstration af vindmøller, vindkraftværker i energisystemet og strategiske FUD indsatsområder.

På regionalt niveau er der for nylig blevet dannet Alliancen for Grøn Offshore Energi. Alliancen har til opgave at lave en strategi for udvikling af den grønne offshore branche og sikre gode rammebetingelser for denne industri. Initiativtagere er Region Syddanmark sammen med LORC og Offshore Center Danmark i Esbjerg. Blandt stifterne er også flere jyske regioner, Risø DTU, Force Technology, branche- og interesseorganisationer²⁰.

Energistyrelsen er den centrale offentlige aktør og har ansvar for energiforsyningen og dermed også ansvaret for hele kæden af opgaver knyttet til produktion og forsyning, transport og forbrug af energi. Gennem energiaftaler fastsætter Styrelsen afregningspriser for el fra vindkraft, udbygning af vindkraftmøller og skrotningsordninger. Energistyrelsen er desuden planmyndighed for planlægning og opsætning af havvindmøller. Gennem årene har Styrelsen støttet energiforskning og udvikling (EFP) og er siden 2008 også sekretariat for EUDP – energiteknologisk udviklings- og demonstrationsprogram.

Det statslige transmissionsselskab Energinet.dk ejer og har ansvar for el- og naturgasinfrastrukturen og skal sørge for en sikker energiforsyning og effektiv indpasning af vedvarende energi. Energinet.dk har ligeledes ansvar for at føre elproduktion fra havvindmøller til elnettet, udformer Tekniske Forskrifter (Grid Codes) til nye vindmøller og står som ejer af transformerstation og søkabler. Energinet.dk har desuden pligt til at sørge for, at der udføres forskning og udvikling (F&U). F&U-aktiviteter finansieres ved at opkræve tariffer for transport af el i højspændingsnettet og naturgas i gastransmissionsnettet, de såkaldte PSO-midler.

Grundlæggende og strategisk energiforskning varetages primært gennem forskningsrådssystemet, især Det Strategiske Forskningsråd, hvis bevillinger til vindenergi er øget i de seneste år. Også Højteknologifonden bevilliger midler til vindenergien og var i 2008 den største offentlige bidragsyder til vindenergiforskning (se Tabel 6).

Rammer for markedsudvikling i DK

Vindenergi har indgået i de danske energiplaner siden 1976 og har kombineret forskellige virkemidler for at fremme teknologiudvikling og opstilling af vindmøller. Markedsformende virkemidler som tariffstøtte, investeringsstøtte og skattefradrag er blevet kombineret med forsknings- og udviklingsprogrammer, test- og afprøvningsfaciliteter og offentlige godkendelsesordninger. Desuden har et tydeligt regelsæt med angivelse af ansvar, planlægning og drift af energisystemet og gode administrative procedurer gjort opsætning af vindmøller lettere sammenlignet med andre lande.

I dag udgør vindkraft ca. 20% af el-produktionen, og Danmark er da også fortsat repræsenteret på top 10 listen over lande med installeret vindkapacitet (nr. 9). Efter en 5-årig stagnation er der igen kommet gang i udbygningen med bedre tariffpriser. Horns Rev II blev indviet i 2009 med 209 MW, og Rødsand II forventes i drift i 2011 med yderligere 209 MW. På sigt er der gode vilkår for offshore vind.

²⁰ Info fra stiftende generalforsamling, se <http://www.regionsyddanmark.dk/wm308619>

Havvindmøllehandlingsplanen fra september 2008 har udpeget 26 steder med et samlet potentiale på 5.200 MW (Energistyrelsen, 2009: 19).

Den fremtidige udbygning med vindkraft afhænger i høj grad af politiske mål for vedvarende energi generelt og for vindkraft specielt. I en Energinet.dk rapport fra marts 2009 påpeges det, at det danske energisystem kan integrere en samlet vindkraftkapacitet på 6.700 MW eller mere end en fordobling af den nuværende kapacitet. Der skal dog samtidig udvikles et fleksibelt elforbrug, et velfungerende internationalt el-marked og en infrastruktur med nye og stærkere transmissionsforbindelser til udlandet (Vindmølleindustrien, 2009).

Vindkraftindustrien har foreslået en udbygningsplan med 50% vindkraft dækning i 2020 med en samlet kapacitet på 6.350 MW fordelt på 3.800 MW på land og 2.550 MW på havet. Den lægger op til, at der sker en udskiftning af 2.000 MW kapacitet og 1000 MW ny kapacitet på land. Dertil kommer lidt mere end 2.000 MW på havet, hvoraf de 800 MW er under opførelse eller truffet beslutning om.

Omsætningen i vindmølleindustrien er i de seneste 10 år årligt steget med i gennemsnit 21,3%, hvilket skal ses i lyset af, at det danske marked siden 2004 kun udgjorde under 1% af omsætningen. Det skyldes ikke mindst, at de danske underleverandører leverer til udenlandske producenter. I 2008 var omsætningen på 53 mia. kr, hvoraf 42 mia. kr var eksport svarende til 7,2% af den samlede danske vareeksport.

Den danske vindmøllebranche er i dag en international industri, hvor danske producenter har etableret produktion i en række lande, f.eks. USA og Kina, hvor der er gode markedsmuligheder. Det samme gør sig gældende for en stor andel af underleverandører. Samlet ser markedsudviklingen lovende ud, men tidligere tiders tætte samspil mellem kunde-producent-leverandør-udvikling er under forandring i takt med industriens internationalisering.

Prioritering

Målet for energiforskningen har historisk været rettet mod de energipolitiske mål i Danmark, herunder også vindenergi. Det har omfattet Energistyrelsens tidligere energiforskningsprogrammer – energiforskningsprogrammet (EFP) og Udviklingsprogrammet for Vedvarende energi (UVE), hvorunder hørte et vindkraftfagligt udvalg. Og det har omfattet de systemansvarliges F&U forpligtelser, herunder også PSO programmerne ForskEl og ForskVE. Endvidere har det PSO finansierede Miljøovervågningsprogram for havvindmøller givet vigtige retningslinjer for teknologiudviklingen. Det Rådgivende Udvalg for Energiforskning (REFU) nedsat af Energistyrelsen kom i tillæg med forslag til prioritering i indsatsen. I EUDP-loven fremhæves der parallelt med de energipolitiske mål også erhvervspolitiske mål.

Forsknings- og Innovationsstyrelsens Forsk2015 – Et prioriteringsgrundlag for strategisk forskning – indeholder Fremtidens Energisystem, herunder også forskning der skal understøtte udvikling og demonstration inden for vindkraft og integration af vedvarende energi i det øvrige energisystem (VTU, 2008).

Der er blevet lavet mange FUD strategier gennem tidens løb, men den første strategi udviklet i fællesskab af de danske forskningsmiljøer blev lavet af Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi i 2002. Forud var gået drøftelser i 2000 mellem Energistyrelsen, Forskningsministeriet og Risø. Tre af de førende

virksomheder indenfor vindmølleindustrien havde mulighed for at kommentere på strategien, som netop havde som mål at styrke samspillet mellem forskning og industri, skabe synergi mellem de danske kompetencemiljøer og udbygge det internationale vidensamarbejde (Dansk Forskningskonsortium, 2002: 3).

Med etableringen af det offentlig-private partnerskab Megavind i 2006 blev industriens rolle forstærket. I den opdaterede strategi påpeges, at den danske forsknings, uddannelses- og innovationsindsats skal prioriteres og fokuseres endnu skarpere for at fastholde kompetencecentrum indenfor vindkraft og sikre vindkraftindustriens fortsatte udvikling og konkurrenceevne (Megavind, 2007: 21). Det skal ske gennem to indbyrdes forbundne tiltag:

- En strategi for **afprøvning og demonstration** af prototyper i et kontrolleret miljø, således at nye mølletyper kan opsættes tæt på F&U afdelingerne med nem adgang til afprøvning og erfaringsopsamling.
- En **strategisk forskningsindsats**, der skal medvirke til at udvikle de grundlæggende teknologiske løsninger og dermed fastholde sektorens kompetenceniveau og tiltrække forskere af høj kvalitet.

I foråret 2010 har Megavind taget initiativ til at lave en offshore FUD strategi. Den forventes på en række væsentlige punkter at skærpe sektorens strategiske indsats indenfor de felter, der gøre havvindmølle parker konkurrencedygtige med konventionelle energiteknologier.

De ovennævnte strategier har primært fokus på vigtige strategiske indsatsområder, og samspil med industrien, men kommer ikke eksplicit ind på internationalisering af forskningen. Dog nævnes i REFU strategien fra 2006 betydningen af den danske position i internationale FUD programmer samt styrkelse af samspillet med internationale miljøer.

Strategiudviklingen bygger dog implicit på en række internationale strategi-processer, først og fremmest i EU og i mindre grad det Internationale Energi Agentur (IEA). I stil med andre teknologiplatforme har den europæiske teknologiplatform for vindenergi, TPWind siden 2006 og med bred repræsentation af forskningsinstitutioner, industri og offentlige myndigheder udarbejdet en Strategic Research Agenda (SRA) og Market Deployment Strategy for perioden 2008-2030. Den er så yderligere blevet konkretiseret i en implementeringsplan med forslag til 46 konkrete projekter og en handlingsplan for deres realisering. Disse strategier udgør rygraden i EU's foreløbige teknologi roadmap for vindenergi, som er blevet udviklet i regi af den europæiske strategiske energiplan – SET-Planen²¹.

Endelig som en betydende international reference for danske F&U aktiviteter udgiver det Internationale Energiagentur (IEA) fremtidsanalyser over teknologiudviklingen. Det drejer sig om Energy Technology Perspectives (IEA, 2008) og den mere detaljerede Technology Roadmap for Wind Energy (IEA, 2009).

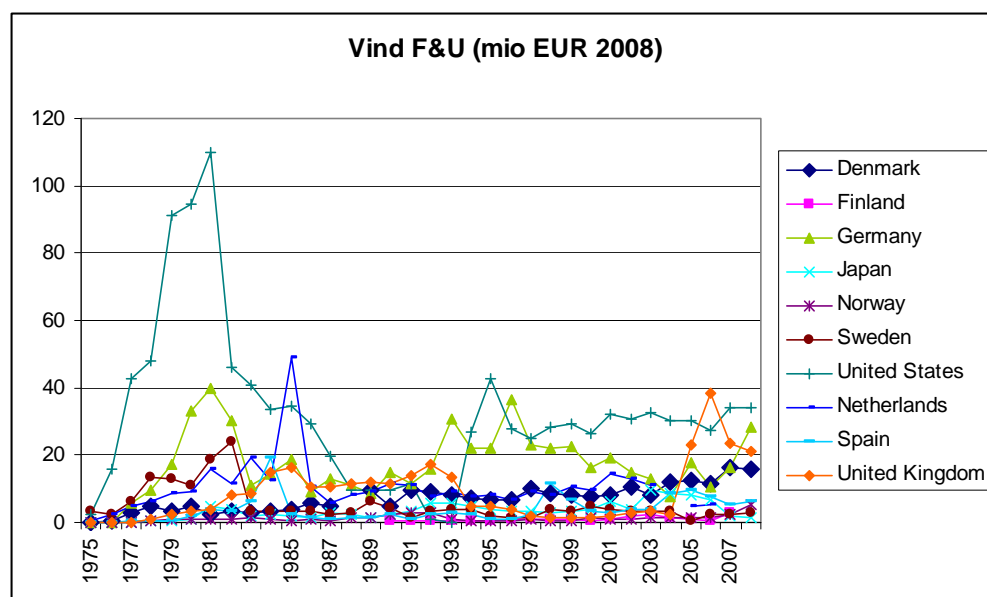
De offentlige FUD Investeringer

Gode rammer og investeringer i forskning er en vigtig forudsætning for at udvikle viden og kompetencer. Danmark har som illustreret i nedenstående Figur 10 gennem årene haft en stabil og stigende investering i vindforskning. De seneste tal for

21 SET-Planen blev første gang introduceret i 2006-2007 som en integreret del af EU's energipolitik og har eksplicit fokus på teknologi udviklingen. Se også afsnit om det europæiske forskningsrum side 12-14.

Danmark viser (se Tabel 6), at den konkurrenceudsatte offentlige vindforskning i 2008 var på 113 mio. kr. med størst andel fra Højteknologifonden.

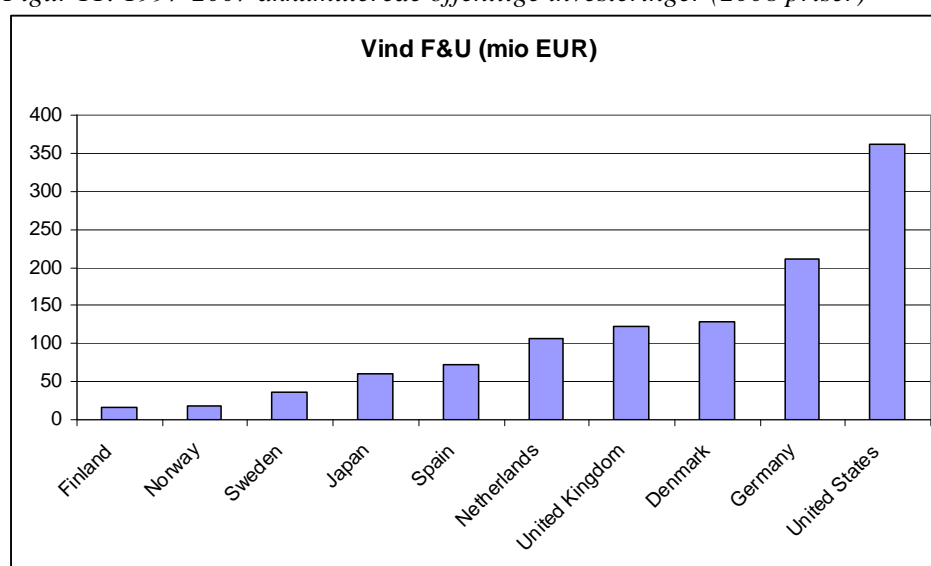
Figur 10: Udviklingen i vindforskning i udvalgte lande



Kilde: IEA, 2009

Figuren nedenfor viser, at Danmark er nr. tre målt på vindforskningsinvesteringer i perioden 1997-2007 kun overgået af USA og Tyskland. I en SET-Plan analyse er Danmark dog kun nr. 3 efter UK og Tyskland målt på gennemsnitlige årlige offentlige FUD investeringer i perioden 2002-2007 (SEC (2009) 1296: 44). Det viser, at nye lande som UK har oprustet kraftigt indenfor vindenergi. Tallene illustrerer, at store investeringer i energiforskning foretages i en lang række andre lande, hvor store viden- og kompetencemiljøer udvikles. Stærke videnmiljøer er attraktive samarbejdspartnere for danske virksomheder og videnmiljøer, men er omvendt også konkurrenter til danske viden- og kompetencemiljøer for fremtidens vindmølleudvikling.

Figur 11: 1997-2007 akkumulerede offentlige investeringer (2008 priser)



Kilde: IEA database

Indenfor de sidste år er der i en række lande sket en særdeles stor oprustning på vindforskning, som ikke er med i ovenstående statistik. Eksempelvis iværksatte Norge i 2009 to store forskningscentre indenfor offshore vind, der tilsammen investerer 560 MNOK over 8 år²². Dertil kommer en stor øgning i de almindelige norske forskningsrådsmidler til bæredygtig energiforskning. Også lande som USA, Tyskland og UK har oprustet kraftigt indenfor FUD i bæredygtig energi, ofte kombineret med nationale økonomiske krisetiltag.

Størrelsen i de danske offentlige vindforskningsmidler bør sættes i forhold til den enorme ekspansion, der er sket i den danske vindkraftindustri med en omsætning i 2008 på 53 mia. kr. i Danmark (63 mia globalt), 28.400 beskæftigede og en international førerposition på globale markeder i almindelighed og indenfor offshore i særdeleshed. Ifølge branchen investerede industrien ca. 900 mio kr i 2005, og de sidste meldinger fra bl.a. Vestas er øget fokus på F&U. TPWind anbefaler, at niveauet for F&U investeringer følger Barcelona målsætningen om 3% af omsætningen, dvs. 1% offentlige midler og 2% private midler i forhold til omsætningen. Det samlede F&U niveau i 2008 burde således ideelt set være på 1,59 mia kr fordelt på 1,06 mia til industrien og 0,53 mia til det offentlige – de faktiske konkurrenceudsatte offentlige FUD på 113 mio kr står dermed langt fra dette mål.

Samspil

Vindkraftbranchen i dag er kendetegnet ved et stærkt industrielt miljø med store globale markedsandele og store udviklingsdrivende virksomheder. Men det er samtidig en branche i stor forandring. Et ekspanderende marked, udvikling af større møller og udvikling af vindkraftværker, der er velintegreret i energisystemet, stiller store krav til branchens samlede kompetenceudvikling.

Et stærkt innovativt miljø bygger på, at alle led i værdikæden involveres i innovation og videndeling gennem fælles udviklingsarbejde. Og Danmark har på mange måder fortsat et godt grundlag for dette. Industrialisering af produktionen, flere internationale mølleproducenter og leverandører og en kundekreds domineret af store el-producenter skaber gode rammer og vilkår.

Med den ekspansive udvikling i branchen stilles der helt andre krav til forskningen end hidtil. Som ovenfor beskrevet er den offentlige forskningsindsats på vind stor sammenlignet med andre lande, men den står slet ikke mål med den private indsats. Der er generel enighed om, at forskningen skal skabe den brede grundlæggende viden, som efterfølgende kan skabe grundlag for den industrielle forskning. Industrien har en betydelig interesse i universitetsforskningen, først og fremmest for at følge med den nyeste viden, men også for at etablere fælles forskningsprojekter indenfor relevante områder for den enkelte virksomhed. Endelig er det også et godt grundlag for at rekruttere nye medarbejdere. Flere virksomheder har da også etableret kontorer på universiteterne, så som Vestas, Suzlon og LM Glasfiber på Risø DTU og Siemens på DTU.

På grund af industriens stærke konkurrencevilkår og ønsket om at beskytte egen viden, synes der at være særlige udfordringer forbundet med at etablere mere langsigtede forskningsprojekter. Senest har Vestas bl.a. foreslået, at der etableres 5-årige forskningsprofessorater med tilhørende midler til en forskergruppe, udstyr til laboratorier og særlige forskningsbaserede uddannelsesaktiviteter. Gennem erhvervs

²² NORCOWE (240MNOK) og NOWITECH (320MNOK). Ålborg Universitet er med i NORCOWE, og Dong Energy og Vestas er med i NOWITECH.

ph.d.ere forventes virksomheder at medfinansiere enhederne, det gælder også mindre virksomheder som kan inddrages i store virksomheders erhvervs ph.d. programmer (Børsen, 3. november 2009).

Forskningen har tidligere bidraget til en effektiv tilgang til f.eks. data om meteorologi, analyse- og hjælpeværktøjer, afprøvningsfaciliteter²³, men globaliseringen og industrialisering har betydet, at industrien med egne store F&U afdelinger selv kan varetage udvikling og test, mens den mere langsigtede forskning, forskningsbaseret test og metodeudvikling varetages af forskningsinstitutionerne. Et eksempel på dette er et nyt videntcenter for vindmøllekomponenter etableret i partnerskab mellem Risø DTU, Force, Teknologisk Institut og Dong Energy. Hvad angår ressourcekrævende infrastruktur som test og afprøvningsfaciliteter, som i den grad efterspørges af industrien, foreslås der både offentligt og industridrevne stationer.

Det tætte samspil mellem mølleproducenter og skoven af underleverandører er også under forandring. De store producenter varetager i høj grad selv den markedsnære innovation og kompetenceudvikling, og især for mange mindre underleverandører er der fare for at blive frakoblet vindkraftbranchens læringsmiljø. Analyser blandt underleverandører har bekræftet, at netop samarbejdet mellem kunde og leverandør opleves som den største udfordring (Vindmølleindustrien, november 2009).

Endelig er spørgsmålet, hvordan den fremtidige samlede innovationskraft udvikles, når de store vindmølleproducenter og flere underleverandører lokaliserer produktionsfaciliteter tæt på nye markeder. På den ene side er der flere forhold som taler for, at de fleste virksomheder fortsat vil have deres udviklingsaktiviteter i Danmark. Der er gode vindforhold til afprøvning og demonstration af vindteknologi, der er en række viden-institutioner med forskningshøjde indenfor geofysiske forhold, vingeteknologi, konstruktion og el-systemet og nye alliancer. Og der er også relativt set en høj koncentration af ingeniører og specialister. På den anden side er den internationale konkurrence på viden og kompetencer stærk²⁴, infrastruktur for test og afprøvning er utilstrækkeligt²⁵, og det samspil, som hidtil har kendetegnet den danske vindkraftsektor, er under forandring. Desuden har der i en årrække været mangel på ingeniører indenfor området.

Udfordringen er ifølge Megavind, hvordan Danmark kan fastholde og udvikle sig til et førende kompetencecentrum for vindenergi. Megavind ønsker selv at blive et strategisk partnerskab for hele vindkraftbranchen og derved påtage sig et lederskab mellem de industrielle, forskningsmæssige og offentlige interesser (Megavind, 2007: 50). Selvom der som ovenfor beskrevet er udarbejdet en fælles strategi og mere specialiserede strategier indenfor afprøvning og demonstration og strategisk FUD, så står og falder det med, om Partnerskabet følger op på sin strategi.

23. Risø DTU har ansvar for den nationale prøvestation ved Høvsøre. Desuden har Risø DTU sammen med Force og Norske Veritas etableret Blade Test Center A/S ved Århus havn.

24 USA har f.eks. investeret 100MUS\$ i en stor vind drive train test facilitet; Bremen er i fuld gang med at lave et kraftfuldt klynge for bæredygtig energy, og i UK er der også opbygget et nyt stort center for vedvarende energi, Narec Corporate, der tilbyder innovation og test i tæt samspil med industrien.

25 Med globaliseringsaftalen november 2009 er der afsat midler til Green Labs DK testfaciliteter på 210 mio kr i tilskud.

Internationalt samspil

Med globaliseringen af vindkraftindustrien og øget fokus på konkurrenceevne stilles der store krav til internationalt samspil i hele værdikæden producent-bruger-udvikling.

Rammerne for internationalt F&U samarbejde har traditionelt været præget af en tilgang, hvor de enkelte aktører formodedes at have de nødvendige kompetencer, netværk og muligheder til at etablere de bedst mulige internationale relationer. Betydende rammer ligger i EU samarbejdet indenfor Rammeprogrammerne, men senest er der også kommet fokus på koordinering af den nationale forskning, ligesom der i nogle af de nationale programmer for de konkurrenceudsatte midler lægges vægt på internationalt samarbejde og internationale partnere i konsortierne. Der mangler dog en samlet internationaliseringsstrategi og en sammenkobling mellem de danske programmer og de strategiske tiltag, der finder sted i TPWind og SET-Planen (se også generelt afsnit om internationalt samspil).

Vindkraftbranchen har salg, produktion og udviklingsaktiviteter overalt i verden. Det gælder mølleproducenterne, men også i stor grad danske underleverandører. Eksempelvis har Vestas udover Danmark også F&U afdelinger i USA, Indien og Singapore. LM Glasfiber har udover Danmark også F&U afdelinger i Indien og Holland. Undersøgelser viser, at der er et tæt samspil mellem danske udenlandske producenter og underleverandører og konsulenter (Borup et al., 2009; Andersen & Drejer, 2006), men etablering af F&U afdelinger udenfor Danmark er endnu så nyt, at der ikke findes data på muligt samspil med lokale videninstitutioner eller samspil mellem de udenlandske F&U afdelinger og så danske videninstitutioner.

På det generelle plan har der i mange år været et godt internationalt samspil med deltagelse af videninstitutioner og industrien. Stærke netværk er dannet gennem European Wind Energy Association, American Wind Energy Association og Global Wind Energy Council.

Generelt set har danske aktører indenfor vindenergi udnyttet de gode rammebetingelser for internationalt samarbejde, der er etableret gennem EU Rammeprogrammer og IEA Implementing Agreement for vindenergi. Hvad angår EU Rammeprogrammer, har danske videnmiljøer haft en ledende position indenfor samarbejdsprojekter indenfor vindenergi og ofte sammen med partnere fra the European Academy of Wind Energy. Et stort EU integreret projekt med 40 partnere Upwind med et samlet budget på 20 mio. € er dansk ledet. IEA Implementing Agreement er meget mindre i omfang, men har en vigtig netværksfunktion i forhold til de internationale videnmiljøer. Andre internationale ordninger som f.eks. COST og EUREKA bruges også i en vis udstrækning af de danske videnmiljøer.

Blandt videninstitutionerne har der længe været fokus på at etablere strategiske partnerskaber med udenlandske videninstitutioner. Disse omfatter f.eks. deltagelsen i European Academy for Wind Energy, der gennem en årrække har koordineret forskning og uddannelse på europæisk niveau. Seneste skud på stammen er etablering af European Energy Research Alliance (EERA), hvor Risø DTU sammen med andre førende europæiske forskningsinstitutioner har som mål gennem koordinering, fælles programmering og samarbejde at effektivisere forskningsindsatsen. Et prioriteret område er vindenergien, som ledes af Risø DTU. EERA forventes sammen med et offentlig-privat partnerskab – European Wind Initiative – at spille en helt central rolle i implementeringen af SET-Planen. Ligeledes er danske aktører særdeles aktive i TPWind – både på

sekretariatsniveau, i de ledende organer og i diverse arbejdsgrupper, som har leveret strategisk input til SET-Planens teknologi roadmap for vindenergi.

Det lykkedes dog ikke i første omgang for et dansk ledet konsortium at blive en del af European Technology Institute og dermed få ansvar for et viden- og kompetence center for fremtidens energi, det såkaldte Knowledge and Innovation Center. Konsortiet overvejer, hvordan de planlagte aktiviteter kan gennemføres for nationale og private midler. Vindenergi og intelligente energisystemer står helt centralt i konsortiets plan.

Det internationale samspil i det danske innovationssystem for vind er stærkt udviklet i kraft af videnmiljøernes mangeårige engagement i diverse internationale og europæiske netværk, forskningsprojekter og strategiudviklende fora som TPWind og EERA. I mindre grad synes der at være en tilsvarende kobling mellem de offentlige programmer for konkurrenceudsatte midler, EU rammeprogrammer og de nye institutioner under opbygning i regi af SET-Planen.

3.4 Sammenfatning

Vindkraft er en energiform i vækst. Et ekspanderende globalt marked, udviklingen af større møller og udvikling af vindkraftværker, der er velintegreret i energisystemet, stiller store krav til dansk vindkraftindustri og til det innovationssystem, der gennem et tæt samspil mellem alle led i værdikæden har været med til at udvikle en industri i verdensklasse. Men konkurrencen vil blive skærpet på både pris og effektivitet. Dansk lokaliserede mølleproducenter er fortsat markedsførende og har en unik position indenfor offshore teknologi i Nordeuropa.

Den danske vindkraftindustri er i dag en international industri med både produktions- og F&U faciliteter på eller nær de store markeder. Hvis Danmark skal fastholde sin position som kompetencecentrum for vindkraft og dermed være ledende med at gøre vindkraft konkurrencedygtig på pris og på kvalitet vil det kræve langt større og mere effektiv organisering af FUD indsatsen.

- På det **strategiske plan** er der over lang tid udviklet forskningsstrategier i tæt samspil mellem videninstitutionerne og industrien. Med tiden er en vis arbejdsdeling blevet tydeligere mellem på den ene side den strategiske forskning, den forskningsbaserede metodeudvikling, test og afprøvning og så den industrielle F&U indsats. Særligt vigtigt for industriens konkurrenceevne er muligheden for at teste og afprøve møllerne tæt på produktions- og udviklingsafdelingerne. Forskningen skal understøtte metodeudvikling og test og afprøvning og skal levere strategisk forskning af højeste kvalitet indenfor en række nærmere bestemte områder. Selvom der er et godt internationalt samspil indenfor de europæiske strategiudviklende fora som TPWind, EWI og EERA, så indeholder de nationale FUD strategier ikke konkrete forslag til internationalt samarbejde.
- **De offentlige FUD investeringer** i vindenergi har over tid været stabile og jævnt stigende, Danmark er blandt de tre største FUD investorer indenfor vindforskning i verden. Investeringen står dog ikke mål med den ekspansive markedsudvikling, især ikke målt på % af industriens omsætning. Det skal især ses i forhold til de stærke viden- og kompetencemiljøer, der er under udvikling udenfor Danmark. Miljøer som både er konkurrenter og potentielle samarbejdspartnere.

- **Et forsat stærkt samspil** opfattes af branchen som grundlag for, at Danmark også i fremtiden skal være det førende kompetencecentrum i verden indenfor vindkraft. Det vil i stort omfang afhænge af, om det strategiske partnerskab følger op på og implementerer de vedtagne strategier.
- **Internationalt samspil** og positionering i den internationale værdikæde er en traditionel måde at øge konkurrenceevnen, hvad enten det drejer sig om vindkraftindustrien eller de viden- og kompetencemiljøer, der skal understøtte denne. Samspillet er på mange måder særdeles godt på netværksniveau og blandt videnmiljøerne. Rammerne for internationalisering af forskningen og forskningssamarbejde er fortsat ikke tydelige, det gælder især koblingen mellem de nationale FUD programmer vis a vis EU programmer og initiativer. Men det vedrører også de nationale programmer og samarbejdet med lande udenfor EU.

4 Innovationssystemet for brint og brændselsceller

Visionen om en brintøkonomi fik for alvor vind i sejlene i begyndelsen af dette årtusind, da store lande som USA og Japan lancerede store ambitiøse teknologi initiativer. EU fulgte trop og nedsatte visions- og strategigrupper, der skulle belyse vejen til en brintøkonomi. Også i Danmark kom der øget fokus på brintteknologier, og en mangeårig forskningsindsats indenfor brændselsceller fik naturligt en profileret plads i de videre aktiviteter.

På nær nogle nicheprodukter er brint- og brændselscelleteknologier fortsat umodne teknologier, der endnu ikke har vundet indpas på det kommercielle marked for nye energiteknologier, det gælder både stationære og transport anvendelser. Ikke desto mindre er det danske innovationssystem på området under hurtig udvikling og fremstår i dag som et samarbejdet system med god offentlig finansiering og tæt samspil mellem små og store teknologiproducenter og videninstitutioner, med energiselskaber mere tøvende i baggrunden. Forventninger er fortsat høje selv med længere tidshorisont for markedsudbredelse.

Kapitlet består af fire afsnit:

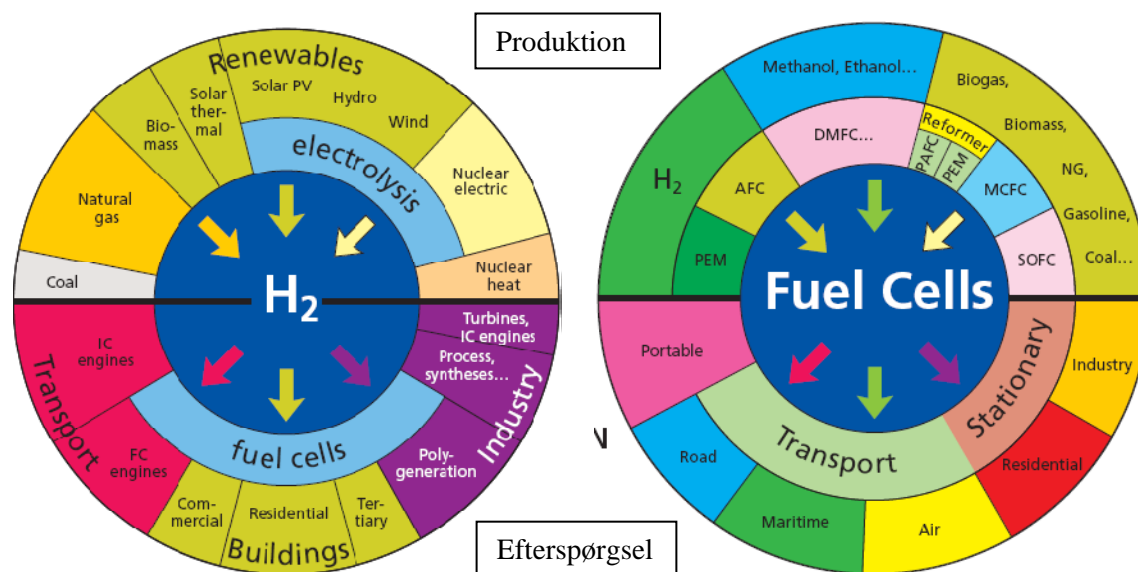
- **Teknologiske trends** beskriver udviklingen indenfor teknologien og de teknologi spor, der forventes at dominere fremover indenfor transport og stationær anvendelser samt produktion og lagring af brint.
- **Markedspotentiale** beskriver det mismatch, der findes mellem udvalgte nationale teknologi roadmaps og så den faktiske implementering. Afsnittet beskriver især de udviklings- og demonstrationsaktiviteter der finder sted internationalt, inkl. danske virksomheders position.
- **Innovationssystemet** for brint og brændselsceller beskriver de centrale danske aktører i systemet, deres interaktion samt de rammer, som de opererer under. Systemet er lille og overskueligt, om end en række nye aktører er kommet på banen i de senere år, især indenfor demonstration af stationære systemer, transport og indenfor nicheprodukter som nødstrømsanlæg.
- **Sammenfatning** med vurdering over strategiudvikling, offentlige FUD investeringer, samspil og internationalt samarbejde.

4.1 Teknologiske trends

Transformation til en brintøkonomi er omfattende og dækker produktion af brint fra fossile, vedvarende og nukleare energikilder, distribution, lagring og efterspørgsel i sektorerne transport, bygninger og industri. Brændselsceller spiller en central rolle i konvertering af brint og brinholdige gasser, jf. Figur 12.

Brint er en ikke-naturligt forekommende energiressource, men produceres ud fra andre brint-rige forbindelser som kul og naturgas i kombination med vand (reforming), rent vand (elektrolyse) eller biomasse (forgasning, fermentering, fotokemiske processer). Brint kan lagres som gas, i flydende eller fast form. Distributionen kan ske gennem rørledninger, i tryktanke eller kryobeholdere. Andre muligheder findes også, men benyttes kun i mindre omfang.

Figur 12: Brint-økonomien og brændselsceller



Kilde: EU Kommissionen, 2003.

En brændselscelle er en ganske effektiv energiomformer, der gennem elektrokemiske processer kan konvertere brint eller brintholdige brændsler til elektricitet og varme i transportsektoren, husholdninger og industrien samt små bærbare applikationer.

Udover brændselsceller kan brint også forbrændes i en traditionel forbrændingsmotor samt i gasturbiner.

Hverken brint- eller brændselscelleteknologier er nye teknologier. Princippet bag brændselscellen blev udviklet i 1838, men kan fortsat ikke konkurrere med konventionelle teknologier på pris og pålidelighed. Brint er blevet produceret til industrielle formål i mange år, men er som energibærer i den nuværende markedssituation ikke konkurrencedygtig med elektricitet eller flydende brændstoffer som f.eks. benzin.

Transport og infrastruktur

I dag er der kun få hundrede brændselscelledrevne biler i verden, og fortsat teknologiudvikling og omkostningsreduktion af brændselscellesystemet og brintlagring ombord er nødvendige for kommercialisering af bilerne. Brændselsceller (Proton Exchange Membrane Fuel Cells - PEMFC) er demonstreret i busser, og der rapporteres om op til 4.000 timers drift i visse tilfælde. Laboratorietest viser dog, at der fortsat opstår en række system-fejl, og nye diagnosticeringsværktøj er derfor påkrævet (JRC, 2009: 90). Der forskes især indenfor udvikling af membraner, der kan operere ved lav fugtighed. Forskning finder også sted indenfor høj temperatur PEM-celler, der er mere robuste overfor brintens renhed.

Brintlagring ombord i bilen er afgørende for bilens rækkevidde. En tryktank med 700 bar kan tillade en rækkevidde på 500 km, men tankens volumen er fortsat stor og omkostningerne for høje. Brintlagring i gas form er dog den foretrukne løsning, hvilket især skyldes manglende udvikling indenfor lagring i fast form og energitab forbundet med brint i flydende form er (JRC, 2009: 90-91).

Det er vanskeligt at estimere omkostningen for brændselscelledrevne biler, men ved masseproduktion og yderligere teknologudvikling estimeres bil-prisen (uden afgifter) at blive 23-26 k€ med en 80kW brændselscelle stack i 2020 (JRC, 2009:91).

Infrastruktur for brintbiler er investeringstung og forventes i perioden til 2030 at blive 60 mio. € i Europa. En brinttankstation med produktion på stedet koster i dag ca. 1.000 €/kWh₂ og forventes at falde til 460-550 €/kWh₂. Opbygningen af infrastrukturen forventes at ske gradvist over årtier. Visionen er at opbygge et netværk af brinttankstationer i byer, der igen er forbundet gennem korridorer med brinttankstationer. Det norske HyNor og forlængelsen Scandinavian Hydrogen Highway Partnership er et eksempel på dette (<http://www.scandinavianhydrogen.org/>).

Stationære anlæg og kraftvarmeanlæg

Stationære anlæg spænder fra små-skala boliganlæg med få kW til store industrielle anlæg på over 100kW. Små anlæg omfatter også ikke-nettilsluttede forsyninger til vejrmålingsstationer, mobiltelefonmaster mv. samt nødstrømsanlæg for hospitaler, datacentre, militære installationer mv.

Stationære brændselsceller er attraktive pga. af stor effektivitet, lav støj og små vibrationer og potentielt lille drifts- og vedligeholdelsesbehov. Dog omfatter produktion af brint for efterfølgende kraftproduktion et energitab, som er vanskeligt at kompensere, selv ved effektiv varmeudnyttelse. Det gælder dog ikke højtemperatur brændselsceller, der kan køre på brintholdige gasser som naturgas eller metan.

MCFC (Molten Carbonate Fuel Cells) er den mest modne brændselscelletyper for applikationer over 100kWe, mens SOFC er på demonstrationsstadiet. For mikrokraftvarmeanlæg demonstreres og testes PEMFC, højtemperatur PEMFC og SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) i Tyskland, Japan og Danmark.

Prisen for stationære anlæg bestemmes af størrelsen. For anlæg over 100 kWe forventes omkostningen på kort sigt 6.000-10.000 €/kW, med MCFC i den lave ende. For mikrokraftvarmeanlæg forventes omkostningen 4.000-5.000 €/kW²⁶.

Både SOFC og høj temperatur PEMFC har et stort potentiale som hjælpekraftenheder (Auxiliary Power Unit – APU) i lastbiler under hvile- og rastestop, hvor de kan erstatte en dieselmotor. Tilsvarende er der forventninger til anvendelse af brændselscelle APUer i skibe og fly, når disse er i havn.

Der findes allerede nu **niche-markeder** for en række brændselscelle applikationer. Disse er f.eks. strøm- og vandgenerators til militære formål, nødstrømsanlæg, APUer, trucks, servicevogne, kørestole/scooters. De fleste af disse konkurrerer med batteridrevne applikationer.

26 FCH-JU – fuel cells and hydrogen joint undertaking er en ny institutionel mekanisme, der varetager FUD i EU rammeprogrammer. I Multi-annual Implementation Plan (MAIP) 2008-2013 er der opstillet en række omkostnings- og performance mål for 2010 og 2015. Disse mål er retningsgivende for FUD indsatsen (New Energy World JTI, Document FCH JU 2009.001, final version May 2009).

Produktion, distribution og lagring af brint

Der er flere forskellige måder at producere brint, hvad enten det drejer sig om central eller decentral produktion. Procesteknologierne har forskellige grader af modenhed, produktionskapacitet og bæredygtighed. Eksempler omfatter:

- Reforming af naturgas er en moden teknologi for storskala brintproduktion mellem 50-200 MWH₂.
- Storskala alkalisk elektrolyse er også en moden teknologi, hvor elektricitetskilden bestemmer pris og bæredygtighed. En ny generation er under udvikling med bedre elektroder, højere temperaturer og tryk og lavere produktionsomkostninger.
- Småskala brændselscellebaseret elektrolyse er på udviklingsstadiet og snævert forbundet med udviklingen indenfor brændselscellerne.
- Biokemisk fermentering og fotokemiske processer er på eksperimentstadiet.

Produktionspriserne varierer afhængig af teknologi og størrelse. Storskala reforming koster 300-400 €/kWH₂, mens prisen for småskala er 700-2.000 €/kWH₂. Elektrolyse koster 800-1.500 €/kWH₂, og i tillæg kommer tryksætning til en pris på 900-2.200 €/kWH₂ (JRC, 2009: 93).

4.2 Markedspotentiale

Internationalt blev i starten af århundredet knyttet store forventninger til brint- og brændselscelleteknologier og deres rolle i en fremtidig energiøkonomi. USA lancerede ambitiøse FreedomCar og Hydrogen Fuel initiativer i 2003. Også Japan iværksatte store FUD programmer indenfor stationære brændselsceller, brintbiler og infrastruktur. EU fulgte trop gennem etablering af en industri-ledet teknologiplatform for brint og brændselsceller, som siden dannede rygraden i Joint Technology Initiative for Hydrogen and Fuel Cells..

Den europæiske vision for brintenergi og brændselsceller fra 2003 estimerede på baggrund af ekspertudsagn, at 2% svarende til 4 mio. af den europæiske bilpark i 2020 kunne være brintbiler, og at andelen kunne stige til 15% i 2030 og 32% i 2040 (EU Kommissionen, 2003). I 2002 lancerede det japanske økonomi-, handels og industriministerium (METI) et ambitiøst FUD-program for brint og brændselsceller, hvor mål for markedsintroduktion var 50.000 brændselscelledrevne biler og 2,1GW stationære brændselsceller i 2010 og helt op til 5 mio. biler, 4.000 brinttankstationer og 10GW brændselscellebaserede kraft-varmeværker i 2020 (ESTO, 2005: 22). Også i USA var der store forventninger, jf. George Buschs tale til de forenede stater i 2003, hvor han lovede, at en dedikeret FUD indsats ville overkomme tekniske og økonomiske barrierer, således at årets nyfødte senere som teenagere kunne køre brintbiler.

I dag er situationen den, at der på globalt plan er produceret ca. 600 mindre brændselscelle drevne biler, over 60 brændselscelledrevne busser, 800 større stationære brændselscelle anlæg, lidt over 3.000 mindre stationære anlæg og mere end 600 små bærbare applikationer. Samtidig er der opført ca. 79 brinttankstationer baseret på forskellige former for produktionsteknologier på stedet eller leveret fra industrielle anlæg i rørføringer eller tanke (JRC, 2009: 95).

Den aktuelle brintproduktion til industrielle formål som f.eks. ammoniak og metanol, kunstgødning, glas, vitaminer, kosmetik, halvledere, rensemidler mv. er på 60.000 ton per år, hvilket i energitermer svarer til 4,3% af den årlige olieproduktion, nok til at forsyne 300 millioner biler (JRC, 2009: 95).

Forventningerne til markedsintroduktion er følgelig modereret kraftigt i erkendelse af, at der fortsat er store FUD udfordringer. Samtidig er konkurrence fra andre teknologier som f.eks. batteri-drevne applikationer og biobrændstoffer øget betydeligt.

Bortset fra den traditionelle brintproduktion til industrielle formål og begyndende markedsdannelse for nicheprodukter er der i dag ikke dannet reelle markeder for brint- og brændselscelleteknologier. Ledende internationale producenter af brændselsceller er f.eks. canadiske Ballard, som dog oplevede et særdeles vanskeligt 2009 pga. den generelle økonomiske krise og svigtende markeder/betingelser i bil- og energisektoren²⁷.

En del internationale bilproducenter har udviklingsaktivitet indenfor brændselscelledrevne biler, eksempelvis Honda, GM, Daimler, Nissan/Renault, VW, Hyundai-KIA og Toyota. Generelt er aktiviteterne blevet væsentligt revideret, og kun få har etableret småskala produktion (Fuel Cell Today, 2009a). Der synes at være forskellige strategier blandt bilproducenterne ang. brændselsceller versus batterier. De fleste producenter understreger dog, at brændselsceller er en langsigtet teknologi, hvoraf nogle mener, at den med fordel kan udvikles som led i hybrid biler.

Californien er fortsat det ledende marked for test- og demonstration som følge af ZeroEmissionVehicle programmet og infrastruktur. Men Tyskland er på vej til at blive et væsentligt marked som følge af en række offentlige programmer. I Asien er anvendelsen især relateret til test kørsel eller små demonstrationsprogrammer.

Nichemarkedet indenfor transport (gaffeltruck, scooters, APU, mv.) har undergået en stor vækst i de senere år, det gælder især gaffeltruck. Siden 2005 er der således blevet introduceret mere end 14.000 enheder (Fuel Cell Today, 2009b). Centrale producenter er Ballard (CA), H2 Logic (DK), Nuvera (US), Proton Motor (DE) og Volvo/Powercell (SE).

Markedet for mindre stationære brændselscellebaserede anlæg består primært af små kraftvarme anlæg og nødstrømsanlæg. Siden 2001 er der introduceret ca. 11.000 enheder, heraf halvdelen indenfor de sidste 3 år. Kraftvarme anlæg er drevet frem gennem offentlige programmer i Japan, Tyskland og Danmark. Nødstrømsanlæg synes på vej til at markedsføres på kommercielle vilkår (Fuel Cell today, 2009c). Antallet af kraftvarme anlægsproducenter vurderes at være 30, mens brændselscelle producenter vurderes at udgøre 20. 2/3 af alle enheder produceres af nordamerikanske producenter (f.eks. Hydrogenics, IdaTech), 1/4 af asiatiske producenter (f.eks. Ebara Ballard, Eneos Celltech) og resten i Europa (f.eks. P21, IRD Fuel Cells, Topsoe Fuel Cell). Der er ikke lavet en geografisk opgørelse over producenter af brændselsceller (Fuel Cell Today, 2009c).

Markedet for store stationære kraft-varme anlæg består hovedsageligt af MCFC og PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cells), som med favorable subsidier fungerer på markedet. Datacentre og server-parker forventes at udgøre et interessant marked. Det

27 Omsætningen faldt med 22% i forhold til 2008, hvilket især skyldtes exit fra udviklingsprogrammer for automobiler og bygninger. Der er dog for 2010 forventninger til markedspenetration for brændselsceller, især relateret til Motorola's anvendelse af Dantherm Powers nødstrømsanlæg baseret på Ballard's brændselscelle produkt, aftale om levering af 1 MW kraftanlæg til load management i FirstEnergy Corp. Samt en række leveringsaftaler med Plug Power (gaffeltrucks), Dailmer AG /FC-produkter) mv. (Ballard Power, Investors, News Release, Ballard Reports 2009 Acheivements and Provides 2010 Outlook, February 03, 2010).

er dog samtidigt et marked, hvor teknologiproducenter begrænser sig til ca. 10, hvoraf halvdelen ikke kan betegnes som kommercielle. En stor spiller som Siemens har nedprioriteret sit SOFC (Solid Oxide Fuel Cells) udviklingsprogram pga. uindfrie kommercialiseringsforventninger (Fuel Cell Today, 2008). Centrale producenter er Ansaldo Fuel Cells (MCFC/IT), Fuel Cell Energy (MCFC/US), Fuji Electric (PAFC/JA), UTC Power (PAFC/US) og Wärtsilä (SOFC fra Topsoe Fuel Cells (DK)/FI).

Som det fremgår af ovenstående findes der en række danske virksomheder indenfor transport niche markedet, små stationære anlæg og stack produktion. Der er optimisme med hensyn til markedspotentiale, men de fleste virksomheder har fortsat ikke en stor omsætning af brændselscelle produkter på kommercielle vilkår (Borup et al, 2009: 111).

4.3 Aktører og samspil i innovationssystemet

Aktører

Aktører indenfor brint- og brændselscelleområdet er relativt få i Danmark og vurderes til at være ca. 20-30 med en samlet beskæftigelse på ca. 250 personer (Borup et al., 2009).

Brændselsceller er det største område og er samtidig en teknologi, der er drevet frem af en dedikeret FUD indsats. Udviklingsorienterede virksomheder som Topsoe Fuel Cells (Haldor Topsøe A/S), Dantherm Power, IRD Fuel Cells og APC Denmark (datterselskab af det franske firma Schneider Electric) og H2 Logic har gennem en længere årrække satset målrettet på udvikling og produktmodning af brændselscelleteknologier til brug i nødstrømsanlæg, APU (Auxiliary Power Unit), stationær kraftanlæg, mikrokraftvarmeanlæg og mindre køretøjer. Mange af aktiviteterne er dog fortsat under demonstration og test, det gælder både kraftvarmeanlæg og køretøjer. Et større udviklings- og demonstrationsprojekt af mikrokraftvarme, Dansk Mikrokraftvarme, består af et konsortium af ni større virksomheder, der foruden teknologiproducenter også inkluderer energiselskaber.

På brintområdet er der dannet en række mindre virksomheder. Nogle er dannet i tilknytning til erhvervsfremmeinitiativer, andre som spin-off fra universiteter. Iværksættervirksomheder som f.eks. H2 Logic og Birk Brint er etableret i tilknytning til regionale innovations- og erhvervsfremmeaktiviteter indenfor brintteknologi generelt. Spin-off virksomheden Amminex har udviklet en ny form for brintlagring, mens andre virksomheder som SerEnergy og Danish Power Systems Aps. har baggrund indenfor højtemperatur brændselsceller. Fem virksomheder med komplementære kompetencer indenfor elektrolyseanlæg har dannet en fælles virksomhed, GreenHydrogen.dk

Videninstitutioner omfatter især Risø DTU og DTU Kemi, der igennem mange år har haft forskningsprogrammer indenfor henholdsvis SOFC og PEMFC. Aarhus Universitet har med udgangspunkt i iNANO-centret forskning indenfor lagring. Aalborg Universitet har fokus på systemdesign, mens Syddansk Universitet gennem mange år har forsket indenfor elektrokemi til brændselsceller og batterier. Også GTS-institutionen Teknologisk Institut (TI) har en del udviklingsaktiviteter indenfor brændselsceller og systemintegration. Dansk Gasteknisk Center (DGC) er især beskæftiget med udvikling og test indenfor sikkerhed og har i 2010 etableret et fælles testcenter for brændselsceller i samarbejde med Risø DTU. Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi var også tidligt ude med demonstration af et russisk elektrolyseapparat og en ombygget brintbil.

En række regionale initiativer er opstået med fokus på kompetence- og erhvervsudvikling indenfor nye energiteknologier. Det gælder f.eks. HIRC (Hydrogen Innovation and Research Center) som blev etableret i 2004 med økonomisk støtte fra Ringkøbing amt og Herning kommune. Andre eksempler er Brintsamfund Lolland og Center for Energi- og Materiale teknik (CEMTEC) i Nordjylland.

Udover de regionale netværk og erhvervsfremmeaktører er en central katalysator det offentlig-private Partnerskabet for Brint og Brændselsceller i Danmark. Partnerskabet blev etableret i 2006 i kølvandet på udvikling af en national strategi for brint og brændselsceller. Formålet er at være arena for samarbejde, informationsudveksling og strategisk koordinering af FUD, inkl. samspil med europæiske og internationale aktiviteter. I partnerskabet deltager alle betydende virksomheder og videninstitutioner indenfor området, og Energinet.dk, Energistyrelsen og Forsknings- og Innovationsstyrelsen er observatører. Energiselskaber som f.eks. Dong Energy, Naturgas Midtnord, SEAS-NVE er ikke toneangivende i sektoren, men har været aktive i udvikling af en national FUD strategi og deltager i en række udviklingsprojekter.

Rammer for markedsudvikling i DK

Rammebetingelser for udviklingen af teknologien er i Danmark primært baseret på FUD, mens aktivt markedsdannede virkemidler som tarif-støtte i modsætning til f.eks. Tyskland ikke har været benyttet. I 2008 blev der dog vedtaget en lov om midlertidig afgiftsfritagelse for brint- og elbiler, der løber frem til udgangen af 2012. Denne afgiftsfritagelse er siden blevet forlænget til 2015.

Den offentlige støtte til FUD har nationalt og internationalt lagt vægt på erhvervsudvikling og forretningsskabelse, og en række nye virksomheder er etableret, nogle som spin-off fra store virksomheder eller universiteter og enkelte iværksættervirksomheder. Brint- og brændselscelle teknologier er dog som nævnt på udviklings- og demonstrationsstadiet, og følgende initiativer med offentligt støtte er iværksat i Danmark:

- Dansk Mikrokraftvarme er et 6-årigt udviklings- og demonstrationsprojekt, der i tre faser demonstrerer små brændselscellebaserede anlæg i Sønderborg og Vestenskov på Lolland. Der er foreløbigt opstillet 10 anlæg.
- København kommune indviede i december 2009 en brinttankstation og otte brintbiler udviklet af H2 Logic i samarbejde med canadiske HyRamp.
- I Vestjylland er der etableret brinttankstationer i Ringkøbing, Hvide Sande og Holstebro til optankning af en række arbejdskøretøjer. Ved årsskiftet 2010/2011 oprettes en ny tankstation til biler i Holstebro. Tankstationen etableres tæt ved et eksisterende brint produktionsanlæg, som ejes og drives af energiselskabet Vestforsyning.

Desuden har Forsknings- og Innovationsstyrelsen bevilliget midler til etablering af et innovationskonsortium for udvikling af materialer og processer, der tilsammen muliggør masseproduktion af brændselsceller. Konsortiet ledes af TI.

Prioritering

Brint og brændselsceller er et prioriteret FUD område i Danmark, hvilket i høj grad skyldes en kombination af en langsigtet og offentlig-privat finansieret forskningsindsats indenfor brændselsceller og gedigne strategiprocesser.

Den store og langsigtede forskningsindsats indenfor brændselsceller bevirkede, at de involverede parter ønskede at tilrettelægge aktiviteterne tids- og ressourcemæssigt i egentlige teknologi roadmaps. De første roadmaps for brændselsceller blev udarbejdet i et lukket samspil mellem forskningsmiljøer, udviklingsorienterede virksomheder som Haldor Topsø, IRD Fuel Cells og Energistyrelsen i begyndelsen af det nye årtusind.

I takt med det store internationale fokus på brintøkonomien blev der 2004 igangsat et omfattende strategiarbejde indenfor brintteknologi med deltagelse af centrale aktører fra forskningsmiljøerne, teknologiproducenter og programansvarlige myndigheder som Energistyrelsen, energinet.dk og Forsknings- og Innovationsstyrelsen. I løbet af processen blev det tydeligt, at udgangspunktet for en brintteknologisk udvikling var stærke danske kompetencer indenfor brændselscelle teknologier. Den endelige nationale FUD strategi blev derfor i høj grad en strategi for brændselsceller i en brintøkonomisk kontekst.

Startskuddet for strategiprocessen skete samtidig med etableringen af den europæiske teknologiplatform for brint og brændselsceller i januar 2004. Det skabte ideelle muligheder for at identificere og positionere danske kompetencer i de processer, der mandede ud i de europæiske strategi-dokumenter - Strategic Research Agenda (SRA), Deployment Strategy (DS) i december 2004. Siden fulgte også Implementation Plan i 2007.

Omtrent samtidig med de nationale og europæiske strategi-processer blev der gennemført et regionalt fremsyn for brintteknologier i Midt- og Vestjylland på initiativ af Ringkøbing amt. Det var med til at bringe nye spillere på banen i den nationale proces. Også på nordisk plan blev der gennemført et teknologisk fremsyn med fokus på erhvervsmæssige potentialer og deltagelse af teknologiproducenter, energiselskaber og videninstitutioner fra de fem nordiske lande (www.h2foresight.info).

Den nationale strategi for forskning, udvikling og demonstration af brintteknologier blev offentliggjort i juni 2005, og i kølvandet dannede de centrale aktører et dialogforum, der i samspil med nationale bevillingsgivere skulle følge op på strategien. Senere i 2009 er organiseringen blev institutionaliseret i Partnerskabet for Brint og Brændselsceller med vedtægter og eget sekretariat. I dette regi er der etableret en række strategifølgegrupper for de to prioriterede brændselscelleteknologier (PEMFC og SOFC), stationær og bærbar brug, transport og elektrolyse samt uddannelse. Så sent som juni 2009 offentliggjorde Partnerskabet en strategi for elektrolyse omfattede tre elektrolyse-teknologier: alkalisk elektrolyse (AEC), PEM elektrolyse (PEMEC) og fastoxid-elektrolyse (SOEC) (Partnerskabet, august 2009).

På europæisk plan mandede strategiprocesserne i den europæiske teknologiplatform for brint og brændselsceller ud i etablering af det første fælles teknologi initiativ indenfor energi i 2008, nemlig Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative (FCH-JTI). Teknologiiinitiativet er et offentlig-privat partnerskab²⁸, der har ansvar

28. Den juridiske selskabsform er Joint Undertaking i henhold til §171 i EU Traktaten.

for at implementere en fælles europæisk FUD indsats indenfor brint og brændselsceller for perioden 2008-2013 med et EU-budget på 470 M€suppleret med mindst et tilsvarende beløb fra industrien (COM(2009) 519 final: 6-7). For perioden 2013-2020 estimeres det samlede offentlige og private FUD investeringsbehov at være 5 milliarder €. Det lykkedes ikke at få industri eller medlemslandene til at forpligte sig til finansielle bidrag up front, som oprindeligt var intentionen i denne nye mekanisme i udviklingen af en europæisk forskningsindsats. Resultaterne i ERA-net HY-CO var heller ikke overbevisende, hvad angik nationale programmers villighed til at lave fælles programmer.

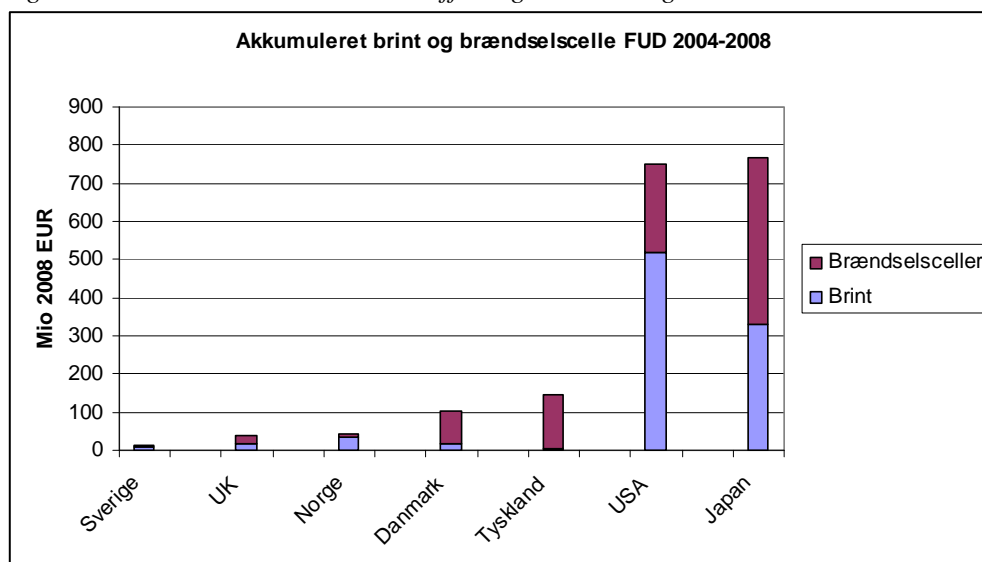
Internationalt er der flere fora, der har beskæftiget sig med udarbejdelsen af strategier for brint og brændselsceller. IEA etablerede en ad hoc ekspert gruppe i 2003, der i samarbejde med relevante Implementing Agreements kortlagde FUD indsatsen i IEA-landene (IEA, 2004). Det internationale partnerskab for brintøkonomi etableret i 2003 har udarbejdet en række dokumenter, der skitserer den strategiske teknologiudvikling på kort og mellemlangt sigt (http://www.iphe.net/docs/Scoping_Papers/Combined_Scoping_Papers.pdf).

Tidligere tiders forventninger til hurtig kommerialisering er i dag i alle fora afløst af en strategisk erkendelse, der understreger behovet for en langsigtet og ressourcekrævende forskning, udvikling og demonstration. For Danmarks vedkommende sættes der især lid til udviklingen indenfor brændselsceller til stationær brug, nichemarkeder og i begrænset omfang til specialkøretøjer. Desuden har teknologien en central rolle i den nye elektrolysestrategi.

De offentlige FUD Investeringer

Danmark har en ganske betydelig offentlig investering i brændselscelleteknologier. Som vist i figuren nedenfor investerede Danmark i perioden 2004-2008 ca. 100 mio. €, hvilket ligger under Tyskland, USA og Japan totalt set, men som målt i forhold til BNP er ganske imponerende.

Figur 13: 2004-2008 akkumulerede offentlige investeringer



Kilde: IEA database

I en SET-Plan analyse ligger Danmark på 3. pladsen i EU efter Frankrig og Tyskland målt som gennemsnitlige årlige offentlige investeringer i brint og brændselsceller i perioden 2002-2007 (SEC(2009) 1296: 53).

I 2008 var brændselsceller og brint da også det største FUD indsatsområde i Danmark med 126 mio. kr. eller 16% af de samlede offentlige bevillinger (se Tabel 6). EUDP var den største bidragsyder med ca. 47,6 mio kr. efterfulgt af ForskEL med 44,2 mio kr.

Sammenlignes de aktuelle FUD investeringer med forventede omkostninger i den nationale FUD-strategi fra 2005, er der god overensstemmelse med udviklingen i de offentlige FUD-investeringer indenfor brændselsceller, mens investeringer indenfor brintteknologier er betydeligt mindre end forventet (Energistyrelsen, 2005:28).

FCH-JTI har vedtaget et fler-årigt indikativt offentligt budget for 2008-2013 for 450 mio. € hvor op til 46% forventes brugt på demonstrationer, op til 35% på forskning og udvikling og op til 15% på mere grundlæggende forskning. Resten er til diverse andre aktiviteter (FCH-JU, 2009). Transport og stationær anvendelse udgør hovedparten af midlerne med op til 36% og 37%, begge med stor vægt på brændselsceller.

De danske forskningsprogrammer har ikke udarbejdet en international strategi for, hvordan samspillet med det europæiske FCH-JTI kan tilrettelægges. Andre lande som f.eks. Norge yder additionel finansiering til videninstitutioners projektdeltagelse.

Samspil

Mange års forskningsindsats, en målrettet teknologiudvikling og et velfungerende offentlig-privat samspil har bragt den danske brændselscelleudvikling et stykke på vejen til markedet. Det gælder især samspillet mellem Risø DTU og Topsoe Fuel Cells indenfor SOFC, hvor der er udviklet langvarige samarbejdsaftaler. Også andre aktører har over tid udviklet et tæt samspil i konkrete projekter med finansiering fra nationale eller internationale FUD programmer²⁹, f.eks. samspillet mellem DTU Kemi, IRD Fuel Cells og Dantherm Power.

De vigtigste industrielle aktører har opbygget eller opkøbt produktionsfaciliteter, der for alvor kan bane vejen for kommercialisering af brændselsceller. Topsoe Fuel Cells åbnede i 2009 en brændselscellefabrik med en årlig produktionskapacitet på 5 MW. IRD Fuel Cells har købt en patenteret produktionsproces for brændselscelle-Membrane Electrode Assembly af den amerikanske Cabot Corporation, og Dantherm Power har etableret faciliteter til produktion af UPS-anlæg (Energi09: 63).

I tillæg til forsknings- og udviklingsindsatsen deltager teknologiproducenterne og regionale energiselskaber i Dansk Mikrokraftvarme under ledelse af først Danfoss og siden SEAS-NVE i et ambitiøst demonstrationsprojekt indenfor stationær anvendelse i Sønderjylland og Lolland. Lokale og nationale myndigheder samt Risø DTU og DTU-institutter er tilknyttet som samarbejdspartnere.

På brint-området er der i dag to forskellige aktiviteter. På den ene side er der en række grundlæggende forskningsprojekter indenfor lagring og materialer med afsæt i universiteterne og med begrænset samspil med teknologibrugere. På den anden side

²⁹ Se f.eks. Evaluering af ForskEL-programmet 2009, Energinet.dk, 2009).

er der en række regionale demonstrationsaktiviteter indenfor specialkøretøjer og en begyndende infrastruktur af brinttankstationer og distribution, som drives af lokale iværksætter- og udviklingsvirksomheder i samspil med regionale innovationsmiljøer.

Endelig er der nødstrømsområdet - her synes virksomheder stort set at operere på kommercielle vilkår med begrænset samspil med videninstitutioner.

Strategiprocesserne på regionalt og nationalt plan har alle bidraget til at bringe de forskellige og nye aktører sammen i en fælles vision og strategi for udvikling og kommercialisering af teknologierne. Partnerskabet for Brint og Brændselsceller i Danmark spiller da også en helt central rolle som et mødested for teknologiproducenter, brugere og videninstitutioner i innovationssystemet.

Sidst men ikke mindst er der opbygget et velfungerende netværk for forskeruddannelse. Det gælder bl.a. det såkaldte Center for strategisk elektrokemisk forskning (SERC) under ledelse af Risø DTU og med deltagelse af flere danske universiteter og branchens vigtigste industrielle aktører. Det gælder ligeledes Forskerskolen Hydrogen and Fuel Cell Academy (HyFC) under ledelse af Aalborg Universitet i tæt samarbejde med DTU og Risø DTU.

Internationalt samspil

Den målrettede udvikling af danske styrkepositioner og kompetencer indenfor især brændselsceller har gjort danske aktører til attraktive samarbejdspartnere i en international kontekst. Det gælder både indenfor de mere grundlæggende områder som materialer, membraner og lagring samt indenfor test og demonstration af brændselsceller. Med opbygning af produktionsfaciliteter står danske aktører stærkt rustet til at kunne nedbringe omkostningerne yderligere.

Danske aktører har været godt repræsenteret i EU rammeprogrammer (FP5 og FP6). Det samme gør sig gældende for projekter initieret i regi af FCH-JTI. Danske industrielle aktører er repræsenteret i FCH-JTIs styrende organ, dvs. Governing Board og har fire medlemmer i New Industry Grouping. Risø DTU er repræsenteret i Research Grouping (N.ergHy), som ligeledes er repræsenteret i Governing Board ved den franske formand. Energistyrelsen repræsenterer Danmark i den rådgivende FCH States gruppe.

Det store engagement i europæiske og nordiske forskningsprojekter og strategiprocesser har ligeledes banet vej for etablering af nye kontakter, samspil og kommercielt samarbejde. Det drejer sig eksempelvis om IRD Fuel Cells deltagelse i StatoilHydro's vind-hydrogen demonstrationsprojekt på øen Utsira, og danske iværksættervirksomheders deltagelse i Scandinavian Hydrogen Highway Partnership. Haldor Topsøe og Wärtsilä har ligeledes et mangeårigt samarbejde indenfor brændselsceller.

Samspillet med Canada er interessant, da det både omfatter direkte virksomhedssamarbejde og kompetenceudvikling. Eksempelvis har Dantherm Power indgået kommercielt samarbejde indenfor nødstrømsanlæg med Ballard. Der er dannet et CanDan Fuel Cell Initiative i 2007, som har banet vejen for flere udviklings- og demonstrationsprojekter i både Canada og Danmark.

Mange års brændselscelleforskning og deltagelse i internationale forskerkonferencer og netværk har ligeledes banet vejen for internationalt samarbejde, det gælder udover europæiske lande også Canada, Japan og USA.

Danske aktører har gennem en årrække deltaget i flere arbejdskomiteer (Implementing Agreements) under IEA – Advanced fuel Cells og Hydrogen samt ad-hoc hydrogen Coordination Group.

Danmark er indirekte gennem EU Kommissionen repræsenteret i International Partnership for the Hydrogen Economy. Efter stort aktivitetsniveau i første halvdel af tiåret er ambitioner om fælles aktiviteter nedtonet til nu at omfatte erfarings- og informationsudveksling.

4.4 Sammenfatning

Innovationssystemet for brint og brændselsceller er karakteriseret ved at være relativt lille, med begrænset markedsinteraktion og lille markedsudbredelse. Der er relativt få industrielle netværk og leverandørkæder, om end de, der findes, har et godt samspil. Brint- og brændselscelleteknologier er helt nye teknologier, der fordrer en transition til et helt nyt energisystem. Der er en lang række teknologiske, økonomiske, infrastrukturmæssige og andre barrierer, der skal overvindes, inden disse teknologier vil få en central rolle i fremtidens energisystem.

Tidligere års forventninger til en hurtig kommercialisering af brint og brændselscelleteknologier er modereret på grund af fortsat uløste problemer, hvad angår pålidelighed, robusthed og pris. Samtidig er konkurrence fra andre lovende teknologier som batterier, varmepumper og biobrændstoffer øget.

Rammebetingelserne i Danmark er stort set begrænset til en ganske vist betragtelig støtte gennem de offentlige FUD-programmer. I modsætning til andre lande som f.eks. Tyskland er der ikke indført tarif-støtte. Dog er også brintbiler afgiftsfritaget frem til udgangen af 2012. Men det er uvist, hvorvidt de er omfattet af regeringens forslag om en forlængelse af afgiftsfritagelsen for el-biler til 2015.

- På det **strategiske plan** er brint- og især brændselsceller et højt prioriteret område i Danmark. Det skyldes en kombination af en langsigtet og offentlig-privat finansieret forskningsindsats indenfor brændselsceller og engagerende strategiprocesser på mange niveauer og for enkeltteknologier. Sideløbende med udarbejdelsen af europæiske forsknings- og demonstrationsstrategier blev der udarbejdet en national strategiproces for FUD af brintteknologier i Danmark i 2005, hvor brændselscelleteknologierne kom til at stå helt centralt. Aktørerne har siden etableret sig som et Partnerskab for Brint og Brændselsceller, der dels spiller en rolle ift. danske FUD aktiviteter og dels ift. internationale aktiviteter, først og fremmest det europæiske teknologiinitiativ for brint og brændselsceller (FCH-JTI).
- **De offentlige FUD investeringer** er ganske væsentlige, i en national og international kontekst. Danmark ligger i top-5 internationalt over de lande, der investerede mest i brint og brændselscelle FUD, og i top-3 i en europæisk kontekst. I 2008 investerede Danmark da også ca. 126 mio. kr. i FUD i brændselscelle- og brintteknologier, hvilket svarer til 16% af de samlede offentlige energi FUD midler. På europæisk plan disponerer FCH-JU over et budget på ca. 450-470 M€, som forventes at matches med mindst tilsvarende private investeringer. Der er ikke udarbejdet en dansk strategi for samspil med FCH-JTI.

- Det langsigtede forskningssamarbejde indenfor brændselscelleområdet har styrket det **offentlig-private samspil**. Det gælder i særdeleshed den langsigtede samarbejdsaftale mellem Risø DTU og Topsoe Fuel Cells, men også det projekt-baserede samspil mellem en række universiteter og mindre udviklingsorienterede virksomheder som DTU, Aarhus Universitet (AU), Aalborg Universitet (AAU) og IRD Fuel Cells, Dantherm Power og Amminex. Diverse regionale og nationale strategi- og fremsynsprocesser har været medvirkende til at bringe nye aktører og spillere på banen, det gælder især regionale innovationsmiljøer og en række iværksætter- og udviklingsvirksomheder. Samspillet har også omfattet opbygningen af velfungerende netværk for forskeruddannelse indenfor brændselscelleområdet.
- **Internationalt samspil** omfatter både den mere langsigtede forskning, demonstrations- og testaktiviteter og næsten kommercielle niche-produkter. Gennem en mangeårig indsats, styrkepositioner og klare prioriteringer er danske aktører attraktive samarbejdspartnere. Danske aktører er da også generelt godt repræsenteret i EU FUD-projekter. Den aktive deltagelse i teknologiplatformen for brint og brændselsceller har banet vejen for, at danske aktører er godt repræsenteret i det europæiske FCH-JIIs styrende organ og i diverse industri og forskningsgrupperinger. Gennem årene er der udviklet et særligt samspil med canadiske brændselscelleproducenter og videnmiljøer.

5 Innovationssystemet for det intelligente net (SmartGrids)

Indpasning af store mængder vedvarende energi i energisystemet med en fortsat høj forsyningssikkerhed stiller store krav til fremtidens elsystem. Det europæiske elnet håndterede i 2006 16% vedvarende energi. For at opnå målet om 20% vedvarende energi i EU i 2020 forventes andelen af el produceret fra vedvarende energi at skulle øges til over 30% (EU Parlamentet 2009a).

Det danske energisystem har oprindeligt været baseret på, at produktionen foregik på et mindre antal centrale værker, og både styring og regulering, køb af regulerkraftydelser, markedsdesign og afgifter har taget udgangspunkt i denne model. Med den massive udbygning med decentrale kraftvarmeværker og vindkraft og med politisk ønske om yderligere at udbygge vedvarende energi er der behov for en mere grundlæggende omlægning og stor fleksibilitet i elsystemet (Energistyrelsen, 2010). Denne fleksibilitet kan kun opnås ved en øget aktivering af både produktions- og forbrugsenheder, sådan at de bidrager til balancering af elsystemet. Intelligent net er således en af tre hovedkomponenter i udviklingen af fremtidens elsystem (Energinet.dk, 2009: 21):

- Et robust transmissionsnet og stærke udlandsforbindelser.
- Fleksibilitet i forbrug og produktion blandt andet gennem sammentænkning af energisystemerne.
- Avanceret måling og styring af elsystemet på både produktions- og forbrugssiden (SmartGrids)

Kapitlet er inddelt i fem afsnit:

- Som udgangspunkt for en beskrivelse af innovationssystemet for det intelligente net gennemgås forskellige forsøg på at **afgrænse og definere** det intelligente net.
- **Teknologiske trends og udviklingsbehov** beskriver de teknologiske, styringsmæssige og markedsrelaterede indsatsområder, som vurderes at være centrale i udviklingen af det intelligente net.
- **Markedsudviklingen og –rammer** beskriver kort rammer og vilkår for det eksisterende net samt de service ydelser og teknologier, der formodes at være afgørende for at gøre nettet mere intelligent.
- **Innovationssystemet** indeholder en gennemgang af de centrale innovations-aktører, rammerne for udviklingen af det intelligente net i Danmark, og de prioriteringer og investeringer der ligger til grund for FUD-indsatsen. Til slut beskrives kort samspillet mellem aktørerne i systemet og det internationale samspil i EU og IEA.
- I **sammenfatningen** vurderes udviklingen i innovationssystemet, FUD investeringsbehov og offentlig-privat og internationalt samspil.

I modsætning til de to andre case-beskrivelser findes der ikke i samme omfang forskningsbaserede innovationsstudier for det intelligente net. Analysen er derfor baseret på et relativt tyndt grundlag, og konklusionerne er tilsvarende tentative.

5.1 Hvad er SmartGrids?

SmartGrids er et begreb under udvikling. Der findes ikke en international autoritativ definition, men en række forskellige opfattelser og beskrivelser af SmartGrids (IEA, 2009; ERGEG, 2009). En af de første videnskabelige artikler brugte allerede i 2005 begrebet SmartGrids om fremtidens transport af el (Amin, S. M. & Wollenberg, B.F,

2005). Nedenfor er en række definitioner på intelligente net, som samtidig illustrerer diversiteten i opfattelsen af det intelligente net, en opfattelse der spænder fra et mere intelligent transmissionsnet til et gennemgribende intelligent energisystem. Fælles for oversigten er dog en erkendelse af, at selvom der er elementer af intelligens i det nuværende net, så skal fremtidens net kunne håndtere en langt større kompleksitet på en effektiv og omkostningsmæssig måde (ERGEG, 2009: 11).

Tabel 9: Definitioner af SmartGrids

Organisation/ forfatter	Grid/ koncept	Definition
ERGEG (2009)	Smart Grid	Smart Grid is an electricity network that can cost efficiently integrate the behavior and actions of all users connected to it – generators, consumers and those who do both – in order to ensure economically efficient, sustainable power system with low losses and high levels of quality and security of supply and safety.
IEA (2009)	Smart Grids	The modernization of the electricity delivery system so it monitors, protects, and automatically optimizes the operation of its interconnected elements – from the central and distributed generator through the high-voltage network and distribution system, to industrial users and building automation systems, to energy storage installation and to end-use consumers and their thermostats, electric vehicles, appliances, and other household devices.
TP SmartGrids (2008)	Smart Grids	A SmartGrid is an electricity network that can intelligently integrate the actions of all users connected to it - generators, consumers and those that do both – in order to efficiently deliver sustainable, economic and secure electricity supplies.
Climate Group (2008)	Smart-Grids	A “SmartGrid” is a set of software and hardware tools that enable generators to route power more efficiently, reducing the need for excess capacity and allowing two-way, real time information exchange with their customers for real time demand side management (DSM). It improves efficiency, energy monitoring and data capture across the power generation and T&D network.
Adam and Wintersteller (2008)	Smart-Grids	A SmartGrid would employ digital technology to optimise energy usage, better incorporate intermittent “green” sources of energy, and involve customers through smart metering.
Miller (2008)	Smart-Grids	The SmartGrids will: • Enable active participation by consumers • Accommodate all generation and storage options • Enable new products, services and markets • Provide power quality for the digital economy • Optimize asset utilization and operate efficiently • Anticipate and respond to system disturbances (self-heal) • Operate resiliently against attack and natural disaster .
Franz et al. (2006)	eEnergy	Convergence of the electricity system with ICT technologies
Amin & Wollenberg, 2005	Smart-Grids	A system that acts very fast (although not always as fast as the protection system), and like the protection system, its agents act independently while communicating with each other.
EPRI (2005)	Intelli-Grid	The IntelliGrid vision links electricity with communications and computer control to create a highly automated, responsive and resilient power delivery system.
DOE (2003)	Grid 2030	Grid 2030 is a fully automated power delivery network that monitors and controls every customer and node, ensuring a two-way flow of electricity and information between the power plant and the appliance, and all points in between.

Tilpasset efter OECD, 2009

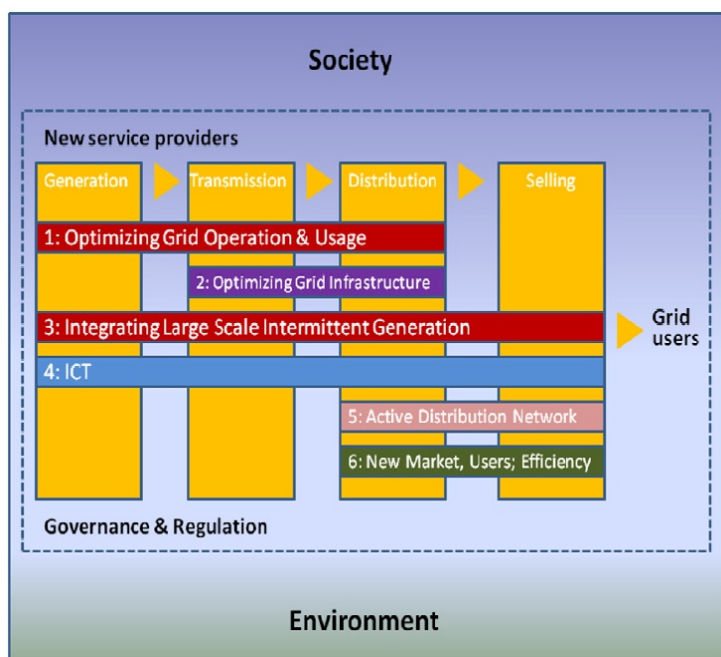
I Danmark skelnes der mellem *intelligent styret elforbrug* og *intelligent net* (Energinet.dk, 2009). Intelligent styret elforbrug omfatter en række teknologier som f.eks. elbiler, elpatroner og varmepumper, der samtidig rummer stor fleksibilitet, og som er en delmængde af et intelligent energisystem. SmartGrids derimod drejer sig om udvikling af et helt nyt *styringskoncept* for fremtidens elsystem, hvor fokus er på:

- standardisering af kommunikation samt styring af forbrug og produktion
- intelligent aktivering af forbrug i elmarkedet og som automatisk reserver for elsystemet
- intelligent aktivering af distribueret produktion
- optimal udnyttelse af elnet gennem forbedret måling og overvågning samt effektiv brug af lokal elproduktion og forbrug.

5.2 Teknologiske trends og udviklingsbehov

Den europæiske Teknologi Platform for SmartGrids har identificeret en række tiltag, der samlet er nødvendig for at udvikle og implementere det intelligente net, jf. figuren nedenfor.

Figur 14: SmartGrids seks indsatsområder



Kilde: TP SmartGrids Implementation plan, 2009.

Disse omfatter:

1. *Optimering af net drift og operation* vedrører decentraliseret, koordineret net drift, drift-sikkerhed, optimering af tab og markedsbaseret håndtering af balancekraft.
2. *Optimering af net infrastruktur* vedrører nyopførelser og forbedring og optimering af eksisterende net faciliteter.
3. *Integration af stor-skala vedvarende el i nettet* vedrører de udfordringer, som er knyttet til integration af diverse stor skala vedvarende el som f.eks. vind (on og off shore) i nettet.
4. *Informations- og kommunikationsteknologi* vedrører IKT specifikationer, standarder og løsninger.

5. *Aktive distributionsnet* handler om, hvorledes distributionsnettet kan aktiveres og derved opnå en højere grad af automation og drift
6. *Nye markeder, brugere og effektivisering* sætter forbrugeren i centrum i energisystemet.

På europæisk plan er der gennemført en række store EU-projekter og fuld skala demonstrationer med fokus på integration af distribuerede energiresourcer. De kan opdeles i tre hovedområder, der fokuserer på nye koncepter og systemer for fremtidens elnet, lagringsteknologier (især batterier) og en række faciliterende teknologier som høj-temperatur superledere og nye IKT komponenter og systemer (European Commission, 2005; ENTSO-E, 2009: Annex 3).

Indenfor transmission er der fortsat en række teknologiske udfordringer relateret til transmission højspændings-jævnstrømsforbindelser (HVDC), fleksible vekselstrømstransmissionssystemer (FACTS) og nye typer ledere. Udvikling af informations- og kommunikationsteknologi er ligeledes nødvendigt f.eks. med hensyn til dynamic thermal power rating teknikker og WAMS (Wide Area Monitoring Systems). Indenfor distribution er der behov for bedre monitorering bl.a. gennem SmartMeters. Desuden er der brug for en mere aktiv styring og kontrol bl.a. for at tilgodese, at forbrugere kan forbruge og producere strøm og indrette deres handlinger efter markedets prissignaler. Med øget lokal elproduktion vil der blive behov for nye drift strategier, ændrede design kriterier og opgraderede arkitektur koncepter (Europa Kommissionen 2009a).

I regi af SET-Planen er der opstillet en række teknologiske mål, der samlet skal bidrage til at opfylde et strategisk mål om transmission og distribution af 35% strøm fra vedvarende energikilder i 2020 og et fossilfrit elsystem i 2050 og samtidig udvikle et pan-europæisk markedsbaseret netværk med høj og effektivitets orienteret forsyningssikkerhed til alle brugere. EU Kommissionen har gennem Det europæiske industri initiativ (EII) for elnettet identificeret en række teknologiske udfordringer, som illustreres i nedenstående tabel.

Tabel 10: Europæisk industri initiativ (EII) for elnettet – teknologimål og finansieringsbehov, 2010-2020.

Teknologi mål		Udgift (M€)
Netteknologier	Udvikling og validering af avancerede netværksteknologier der kan forbedre fleksibilitet og sikkerhed i nettet og nedbringe fremtidige kapital- og driftsudgifter.	1200
Langsigtet udvikling	Forberedelse af langsigtet udvikling af elnettet for at sikre at nødvendige investeringer gennemføres over de kommende år for at imødesee kravene til fremtidens portefølje af elproduktion og forbrug.	100
Aktive kunder	Facilitere at kunderne aktivt kan deltage i energimarkederne og energi effektivitet gennem bedre information om forbrug, incitamenten som f.eks. dynamiske prissignaler og IKT værktøjer.	600
Innovative markedsdesign	Udarbejde og teste innovative markedsdesign for at sikre et velfungerende indre marked for el på europæisk og lokalt niveau.	100
Total		2.000

Kilde: EU Commission 2009b: 41

Som input til SET-planens EII for elektriske net har den europæiske transmissionsorganisation ENTSO-E i deres forskning og udviklingsplan prioriteret forskning og demonstration indenfor de fire hovedområder af særlig relevans for deres ansvarsområder (ENTSO-E, 2010). Der er ligeledes afsat tentative investeringsbeløb samt angivet, hvor stor en del TSO'erne forventes at bidrage med. Den store forskel mellem EII og ENTSO-Es investeringsestimat kan fortolkes sådan, at der er en vis divergens i vurdering af fokus og investeringsniveau.

Tabel 11: ENTSO-E FUD prioritering og tentativ udgiftsniveau

		Total FUD M€	TSO andel M€
Langsigtet udvikling	Pan-europæisk net arkitektur og nye koncepter for udvikling af nettet og nye teknologier for et offshore net	40	18,5
Netteknologier	Udvikling af el teknologi for et mere fleksibelt, observerbart og kontrollerbart pan-europæisk transmissions- og distributionsnet	330	95-115
Aktive kunder	Netværkskontrol og styring f.eks. vedr. tidsmæssige systembeskrivelser og simulering af forsyningssikkerheden	75	25
Marked	Markedsregler vedr. markeds-simuleringsteknikker i et liberaliseret europæisk elmarked.	65	19,5
	Total	510	158-178
	Forskning	250	82-86
	Demonstration	260	76-92

Kilde: tilpasset efter ENTSO-E, 2009: 47.

Energinet.dk har identificeret en række udviklingsbehov på kort, mellemlangt og lang sigt, jf. nedenstående figur.

Tabel 12: Udviklingsbehov

	Kort sigt	Mellemlangt sigt	Langt sigt
Primært fokus på balance	-Udbygning af udvekslingsforbindelser -Forstærkning og udbygning af eksisterende net -Nedregulering af produktion vha. negative spotpriser -Bedre vindkraftprognoser	-Geografisk spredning af havmølleparker -Offshore grids Fleksibilitet elforbrug -Fleksibel elproduktion -SmartGrids	-Ellagring af brint Trykluftlager -Ellagring i batterier
Primært fokus på integration af VE i andre sektorer	-Varmepumper på kraftværker -Elpatroner på kraftværker	-Varmepumper i husstande -Plug-in-hybridbiler -Elbiler	-Anvendelse af brint i transportsektoren -Anvendelse af brint i gasnettet

Kilde: Energinet.dk, 2009: 9

En EII for SmartGrids er under dannelse og forventes formelt at blive dannet i efteråret 2010. Distributions- og transmissionsselskaber forventes at blive danske repræsentanter i EII. Der er så vidt vides ikke indmeldt danske prioriteringer og finansieringsniveau til EII elnettet. Men især Energinet.dk har gennemført en række interne og eksterne projekter og fuld skala demonstrationer, der er i tæt indgreb med SET-Plan prioriteringer. Det gælder eksempelvis Celleprojektet og EcoGrid projektet.

5.3 Markedsudvikling og -rammer

Det europæiske el-net består af 230.000 km højspændingsnet og 1.500.000 km lav- og mellemspændingsnet. Der er både behov for opgradering af eksisterende og etablering af nye net. ENTSO-E anslår, at der er behov for investeringer i størrelsesordenen 500 mia. € indtil 2030 (www.entsoe.eu). Foruden investeringer i ny infrastruktur er der stor efterspørgsel efter en helt ny net-arkitektur, netteknologier, udvikling af aktive bruger-interfaces og nyt markedsdesign.

Rammerne for denne udvikling er fastsat af lovgivningskomplekset vedrørende EU 20-20-20 mål i 2020 og liberaliseringen af elmarkederne og den lange række af energipolitiske virkemidler, der skal sikre bæredygtighed, forsyningssikkerhed og økonomisk vækst (Directive 2009/72/EC³⁰ og Directive 2009/28/EC). Nettet skal fortsat transportere og balancere el, men forventes i langt højere grad at tilbyde en række nye serviceydelser og teknologiske løsninger, der fremmer et velfungerende, sikkert og konkurrencedygtigt el-marked.

Nye serviceydelser rettet mod producenter og ”prosumers”³¹ skal fortsat opfylde de traditionelle producentbehov, som er relateret til betids forbindelse og driftadgang til nettet, transparente og ikke-diskriminerende betingelser for net-adgang, mulighed for at deltage i el-markedet på lige vilkår og passende compensation for tjenester ydet af producent. Men i tillæg skal nye serviceydelser også inkludere effektive forbindelser på alle spændingsniveauer og på alle lokationer (inkl. offshore), balance tjenester tilpasset vedvarende energi, større indenlandsk el-handel og integreret handel, inkl. intra-dag handel.

Serviceydelser rettet mod især mindre kunder skal fortsat sørge for, at efterspørgslen tilgodeses. Fremtidige kunder skal fortsat kunne forvente en strømpris til en billig og konkurrencedygtig pris, en rimelig tarif for adgang til nettet og en tilsvarende kvalitet og sikkerhed i forsyningen som hidtil. Men i tillæg skal netselskaber og forsyningsselskaber kunne tilbyde nye produkter og ydelser, der kan hjælpe kunderne med at reducere forbrug og pris og samtidig fastholde kvalitet og sikkerhed, eksempelvis:

- Dynamisk prisinformation og tidsbestemt forbrugspris
- Finansielle incitamenter for aktiv efterspørgselsstyring
- For prosumers skal det være muligt fuldt ud at deltage på el-markedet
- Mulighed for kunder at indgå særlige kontrakter med netoperatør vedr. forsyning og effektkvalitet.

³⁰ Direktivet ”fastsætter fælles regler for produktion, transmission, distribution og levering af elektricitet, sammen med bestemmelser om forbrugerbeskyttelse, med henblik på at forbedre og integrere konkurrencedygtige el-markeder i EU. Det fastlægger regler for tilrettelæggelse og drift af elsektoren, åben adgang til markedet, hvilke kriterier og procedurer, der gælder for indkaldelse af tilbud og udstedelse af tilladelser og drift af systemerne. Det fastsætter også forsyningspligten og rettigheder for elforbrugere og præciserer konkurrence krav” (EU Parlamentet 2009b).

³¹ Sammentrækning af producer og consumer. Illustrerer at el-forbrugeren også kan være el-producent.

- Mulighed for agenter at levere tjenester på vegne af kunder i forhold til netselskaber og energimarkeder.

Udover eksisterende og nye serviceydelser vil der være et marked for *teknologiske løsninger*. Disse omfatter kabler og supporterende teknologier som intelligente elmålere og forbrugsenheder, energilagre og regulerbare produktionsenheder. Der vil også være et marked for informations- og kommunikationsteknologier til f.eks. monitorering og kontrol, automatisering af spændings-, frekvens- og effektregulering og formidling af prissignaler samt sidst men ikke mindst et marked for knowhow vedrørende design, implementering og drift af fremtidens intelligente net (se også Larsen & Petersen, 2009).

5.4 Innovationssystemet

Aktører

I det efterfølgende gennemgås de centrale aktører, der er involveret i udvikling af fremtidens net i Danmark.

Energinet.dk er som TSO (transmissionssystemoperatør) og ejer af den overordnede infrastruktur en helt central aktør og skal sørge for en sikker energiforsyning og skabe rammer for velfungerende energimarkeder og effektiv indpasning af vedvarende energi i el-systemet. Energinet.dk gennemfører både egne FUD-projekter og finansierer eksterne FUD projekter gennem PSO-programmerne. Energinet.dk er medlem af ENTSO-E, den europæiske organisation af transmissionsansvarlige selskaber.

Netselskaberne er en anden central aktør, der med øget integration af vedvarende energi, flere prosumers og intelligent forbrug vil få en mere aktiv rolle end hidtil.. Netselskaberne er ansvarlige for opsætning af elmålere. Forsyningsselskaberne (ofte i koncern med net-selskaberne) vil blive mødt med øgede forventninger om fleksibel produktion i en fremtid med intelligent forbrug. Netselskaberne er organiseret i Dansk Energi og på europæisk plan i EURELECTIC.

En række forskningsinstitutioner bedriver forskning på området. Især DTU Center for Elteknologi (CET), Risø DTU og AAU Institut for Energiteknik har prioriteret forskning indenfor SmartGrids. Forskningsinstitutionerne benytter sig af det såkaldte PowerLabDK, som dækker alt fra avancerede simuleringsskemaer og grundlæggende laboratorier på CET til større systemer som SYSLab på Risø DTU og helt op til fuldskala forsøg som i Østkrafts net på Bornholm.

De traditionelle teknologiinfrastrukturproducenter som ABB, NKT Kabler, Siemens m.fl. vil sammen med teknologiproducenter indenfor IKT, sensorer m.fl. være centrale spillere i udviklingen af fremtidens net. Eksempelvis er IBM medsponsor af simuleringsskemaer på CET. Konsulentfirmaer som EA Energianalyse og ECON Pöyry samt udenlandske firmaer som Energynautics og Spirae deltager også i FUD-projekter.

DI Energibranche og Dansk Industri ITEK har påtaget sig en katalysator-rolle gennem det partnerskabsforberedende projekt for intelligente energisystemer. Projekt-konsortiet forventer, at flere teknologiproducenter, distributions- og produktionsselskaber og elhandelsvirksomheder tilknyttes partnerskabet.

Forbrugere er på nuværende tidspunkt kun perifært tilknyttet eksisterende FUD-projekter, men i takt med udvikling, demonstration og test af intelligente målere og prisfleksibelt forbrug, forventes disse at blive involveret meget mere.

Rammevilkår er særdeles afgørende for udviklingen af det intelligente net, hvorfor Energistyrelsen, Energitilsynet og Skatteministeriet alle er vigtige aktører, der har indflydelse på priser, afgifter og tariffer, udvikling af standarder, rammer for el-handel og regulering af netværksevirkomheder. Nye markeder vil opstå og ændring af markedsvilkår samt regulering af disse vil kræve involvering af ovennævnte aktører. Energitilsynet er medlem af den europæiske gruppe af regulatorer for el og gas – ERGEG. Endelig som del af rammebetingelserne spiller de danske energiforskningsprogrammer som f.eks. ForskEL, ForskIN og DSF en særlig rolle i finansiering af FUD-aktiviteter.

Rammer for udvikling af det intelligente net i Danmark

Danmark har et godt udgangspunkt for udvikling af det intelligente net. For det første er den fysiske infrastruktur – elnettet – velfungerende samtidig med at der er lavet en plan for udbygning af transmissionsnet indenfor og udover landets grænser. For det andet er Danmark kommet langt i liberaliseringen af el-markedet gennem en effektiv dekopling mellem energiaktørerne og et mere transparent marked, herunder også et grænseoverskridende elmarked mellem de nordiske lande. Endelig for det tredje støtter de danske energiforskningsprogrammer videnudvikling indenfor ”energisystemer”.

Elnettet

En vigtig forudsætning for et velfungerende intelligent net er en robust infrastruktur, som løbende skal forstærkes og i Danmark også forskønnes gennem kabellægning af luftledninger. ”Transmissionsnettets ”motorvej” i form af 400 kV-luftledninger skal både forstærkes og forskønnes. På seks udvalgte strækninger kabellægges luftledninger, traceet omlægges eller masterne udskiftes over korte strækninger for op mod 1,8 mia. kr. Samtidig styrkes nettets nord-syd gående rygrad gennem Jylland, og udlandsforbindelser til især Norge, Tyskland og Holland forstærkes eller etableres. Den politiske beslutning om at kabellægge de regionale transmissionsnet (132-150 kV) gennemføres på en måde, der gør det muligt at integrere stadig større mængder varierende elproduktion fra vindmøller, solceller, mikrokraftvarme og lignende” (Energistyrelsen, 2010).

En række større kabelprojekter er derudover under behandling eller planlægning (Energistyrelsen, 2010):

- 600 MW-forbindelsen under Storebælt
- Skagerrak 4-kablet til Norge med 700 MW kapacitet
- Cobra-kablet mellem Horns Rev-havvindmølleparkerne og Holland
- Et kabel mellem Danmark og Tyskland via en mulig havvindmøllepark på Kriegers Flak i Østersøen

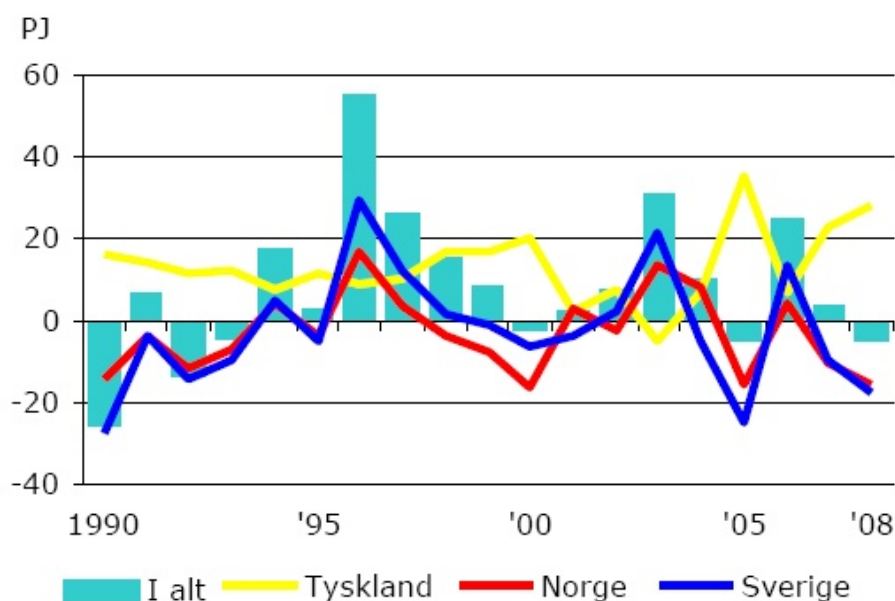
Engros-markedet for el

En konkurrencedygtig og pålidelig energiforsyning forudsætter liberaliserede energimarkeder. Ved stigende mængder vedvarende energi i elsystemet er velintegrerede grænseoverskridende elmarkeder afgørende for forsynings sikkerheden. Det nordiske e-marked Nordpool blevet etableret i 1993, og handlen er siden vokset støt. VestDanmark blev del af markedet i 1999 og Østdanmark i 2000. Selvom el-markedet har været ramt af en række

flaskehalsproblemer, især på svensk side, er det nordiske el-marked kendt for at være velfungerende og understøttet af forstærkede transmissionsforbindelser over landegrænserne og tilstrækkelig termisk produktionskapacitet (www.ens.dk).

Som det fremgår af Figur 15, svinger Danmarks nettoeksport af el år for år. I 2008 havde Danmark en nettoimport af el, primært forsynet fra Norge og Sverige. Jo mere intelligent og fleksibelt det danske system er og jo bedre integration af f.eks. vind i systemet, desto større mulighed har markedsaktørerne for at beslutte, hvornår der handles.

Figur 15 Dansk nettoeksport af el fordelt på lande



Kilde: Energistyrelsen, 2009a.

I slutningen af 2009 blev der indført negative spotpriser på Nord Pool Spot. Introduktion af negative priser skal give producenterne et incitament til at tilpasse produktionen til forbruget. Derved kan producenter og forbrugere i det nordiske elmarked opleve at skulle betale for at afsætte strøm og modtage betaling for at aftage strøm. I realiteten vil dette kun forekomme, hvor elproduktionen overstiger forbruget og kapaciteten på udlandsforbindelserne.

Det nordiske elmarked forventes gradvist udvidet til øvrige europæiske markeder. Energinet.dk arbejder på at etablere en markedskoblingsmodel mellem det nordiske elmarked og det tyske marked gennem et fælles selskab "European Market Coupling company (EMCC)". Det kompliceres af, at der samtidig arbejdes på at sammenkoble elmarkederne i Frankrig, Benelux-landene og Tyskland i selskabet Central Western Europe – CWE. Det tyske markeds deltagelse i disse to markedskoblingsprojekter fordrer et minimum af kompatibilitet for at sikre en korrekt prisfastsættelse.

Yderligere til tag for at forbedre el-markedet vil være (Energistyrelsen, 2010):

- Kortere frister for indmeldinger til elbørsen Nord Pool, der vil gøre vindforudsigelser mere præcise.
- Virtual Power Plants, der vil kunne poole forbrugere og gøre det muligt for flere at deltage i regulerkraftmarkedet
- Udformning af nettariffer så de afspejler de reelle omkostninger for transmissionstab

- Styrkelse af markedsintegrationen mellem de regionale elbørser på europæisk plan.

Detailmarkedet for el

Med liberaliseringen af elmarkedet i 1993 fik alle forbrugere i Danmark mulighed for at skifte leverandør. Det skulle medvirke til at forbedre konkurrencen på detailmarkedet. Interessen har dog hidtil været størst blandt de større og timemålte elforbrugere (forbrug på over 100.000 kWh/år). Disse kunder står for ca. halvdelen af el forbruget. Størsteparten af de private husholdninger modtager fortsat deres el fra deres forsyningspligtige elleverandør. Der arbejdes derfor fortsat på at skabe større transparens i markedet og mulighed for hurtig og effektiv leverandørskift.

Et andet virkemiddel til at skabe et mere effektivt og fleksibelt elsystem er introduktion af et prisfleksibelt elforbrug. I dag er det kun forbrugere med et årligt forbrug på mere end 100.000 kWh pålagt timeforbrug, der kan have et prisfleksibelt elforbrug (mulighed for at reagere på spotpris). De decentrale kraftvarmeværker er i dag langt mere dynamiske end for fem år siden – mange leverer regulerkraft og har nu også mulighed for at levere frekvensstyrede reserver. Et intelligent elforbrug kræver imidlertid, at alle forbrugere skal have mulighed for at opnå en økonomisk gevinst ved at udnytte prissving i markedet. Derfor undersøgte Energistyrelsen i 2009 de udfordringer, der er knyttet til realiseringen af et intelligent styret elforbrug - grænser for hvem der skal timemåles, barrierer for salgskontrakter, der understøtter det fleksible forbrug, og standarder for el-målere, der understøtter det fleksible forbrug. Konklusionen var, at der endnu ikke var samfundsøkonomisk grundlag for en landsdækkende målerudskiftning, men at det var hensigtsmæssigt i tide at sikre, at forudsætningerne for udrulning var til stede, f.eks. gennem en række funktionelle standarder (Energinet.dk, 2009; Energistyrelsen 2009b).

Men hvis elforbrugerne via et prisfleksibelt forbrug skal spille en mere aktiv rolle i elsystemet, er forudsætningen dog, at forbrugerne har et tilstrækkeligt højt forbrug f.eks. gennem varmepumper, elradiatorer eller elbiler, hvor prisforskellen vil kunne mærkes. Det ligger ikke lige for, men er genstand for en række fuld skala forsøg, der er under udvikling.

I løbet af 2010 forventes en række rapporter og redegørelser, som vil få betydning for udvikling af nye rammer for området (Energistyrelsen, 2010):

- Danmark skal aflevere en handlingsplan for udbygning med vedvarende energi til Europa-Kommissionen, der skal dokumentere, hvordan Danmark vil opfylde sine forpligtelser til at udbygge andelen af vedvarende energi til 30 procent i 2020
- En redegørelse om dynamiske tariffer, som bl.a. Energistyrelsen, Energinet.dk og Dansk Energi p.t. arbejder på
- En redegørelse om dynamiske afgifter
- Energinet.dk rapporterer om mulighederne for at udvikle regulerkraftmarkedet, så elforbrugere og mindre produktionsenheder også kan bidrage til et mere effektivt elsystem.

Forskning, udvikling, test og demonstration

Udover de markedsfremmende tiltag beskrevet ovenfor støtter de danske energiforskningsprogrammer en række energisystem -projekter. Det gælder især Energinet.dk, der har gennemført en række eksterne og interne udviklings- og

demonstrationsprojekter. Men det drejer sig også om DSF, der har støttet en række strategiske projekter indenfor superledere og scenarie-analyser. Eksempler er:

- *Celleprojektet*, der har til formål at udvikle, teste og gennemføre fuldskala demonstration af et nyt intelligent styrings-, regulerings- og overvågningskoncept til det danske elsystem. Celleprojektet ledes af Energinet.dk og gennemføres i tæt samarbejde med SYD ENERGI NET, i hvis netområde test og demonstration foregår.
- *EcoGrid projektet* er rammen om både en dansk og en europæisk FUD-aktivitet, som begge har til formål at udvikle og afprøve virkemidler for driften af et elsystem med op til 50% vedvarende energi. Den danske aktivitet er overgået til en ny fase, hvor nogle af analyserne og resultaterne fra fase et uddybes i en række eksterne og interne FUD-projekter i regi af Energinet.dk. Den europæiske aktivitet er et pan-europæisk samarbejde om at gennemføre et fuld skala demonstrationsprojekt på Bornholm med afprøvning af nye reguleringsteknologier, nye markedskoncepter og aktiv anvendelse af forbrug og små produktionsenheder til stabilisering af den megen vindkraft i et elsystem med op til 50% vedvarende energi. Projektet forventes at opnå EU-bevilling med opstart primo 2011 og forløbe i 4 år.
- *CEESA* – Coherent Energy and Environmental System Analysis – er et stort scenarie-projekt, der analyserer brugen af vedvarende energi i transportsektoren, effektivisering af elproduktion og –distribution, effektive reguleringsmekanismer for energimarkedet og fremtidige energisystemers miljøpåvirkning. Projektet støttes af DSF, og konsortiet under ledelse af AAU består af en lang række aktører.

Sammenlignet med andre forskningsområder har dette felt modtaget relativt få konkurrenceudsatte midler. Hertil kommer selvfølgelig Energinet.dk's interne F&U aktiviteter i f.eks. Celleprojektet. Med det øgede fokus på udvikling af fremtidens net, også i en europæisk kontekst, må det formodes, at den danske indsats indenfor energisystemer og intelligent net fremover får en større opmærksomhed og prioritet.

Energinet.dk's ForskEL og DSF har for 2010 afstemt forskningstemaer indenfor intelligent energiforbrug og intelligent net, således at der sikres sammenhæng fra den strategiske forskning til udvikling og demonstration. Det i sig selv er med til at styrke en koordineret offentlig indsats, som kan videreudvikles gennem en bredere forankret dialog om prioriteringer, projektyper og på sigt fælles programmering.

Prioritering/ strategier

Der er i Danmark endnu ikke udarbejdet en strategi for forskning, udvikling og demonstration af det intelligente net eller fremtidens net, men danske aktører er særdeles aktive i strategi-processer på europæisk og internationalt niveau. Disse omfatter:

- Den europæiske Teknologi Platform SmartGrids har i stil med andre teknologiplatforme udarbejdet en vision (Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future, 2006), en strategisk forskningsplan (Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Networks of the Future, 2007) og en strategisk udbredelsesplan (Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future, draft 2008). TP SmartGrids afholdt sit sidste møde i maj 2009 og er siden blevet erstattet af Smart Grids Forum (ERGEG, 2009: 41).
- I SET-Planen er "Electricity net" et af syv prioriterede teknologiområder. Der er udarbejdet en roadmap med beskrivelse af teknologisk udviklingsbehov, investeringsbehov samt barrierer og synergi potentialer, og

en europæisk industri initiativ forventes etableret i 2010-2011 (Europa Kommissionen, 2009a). Et Joint Research Program for SmartGrids er blevet oprettet under European Energy Research Alliance (EERA) for at støtte implementeringen af SET-planen.

- Det europæiske netværk for el-transmissions systemoperatører (ENTSO-E) offentliggjorde i marts 2010 en forskningsplan "Research and Development Plan European Grid towards 2020 Challenges and Beyond". Dokumentet beskriver udfordringer og vision for et pan-europæisk elnet, samt prioriterede forskningsområder for TSOerne (ENTSO-E, 2010). Energinet.dk har været meget aktiv i dette arbejde.
- De europæiske regulatorers gruppe for el og gas (ERGEG) har ligeledes i december 2009 offentliggjort deres "Position Paper on SmartGrids", hvor drivkræfter bag udviklingen af SmartGrids samt muligheder og udfordringer for regulatorer beskrives (ERGEG 2009).
- I regi af IEA er der for nylig oprettet en Implementing Agreement on Electricity Networks Analysis, Research and Development (ENARD). ENARD beskæftiger sig med F&U behov og designmæssige, operationelle og ledelsesmæssige aspekter i relation til el-transmissionsnet og el-distributionsnet (www.iea-enard.org).

I Danmark har der som nævnt været relativt lille fokus på SmartGrids i de offentlige energiforskningsprogrammer, og området er i stedet primært blevet varetaget af den systemansvarlige transmissionsoperatør og sekundært gennem DSF. Først indenfor de senere år er der for alvor kommet fokus på at udvikle teknologiske og markedsmæssige løsninger på de styringsmæssige krav, der stilles til fremtidens net, de systemansvarlige og net-selskaber. Det må formodes, at net-selskaberne og andre som led i den europæiske SET-Plan får koordineret synspunkter og får udviklet en samlet dansk energiteknologisk strategi for fremtidens net.

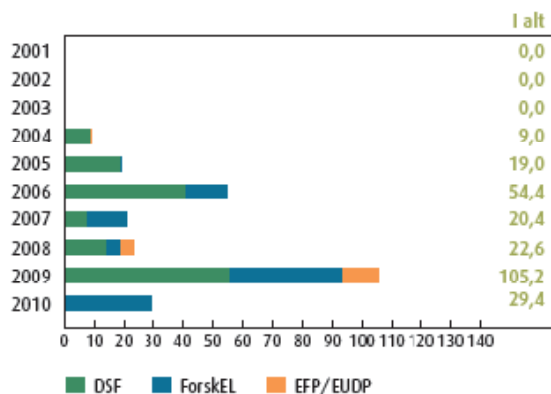
Endelig bør det nævnes, at EUDP har givet støtte til et strategi- og netværksprojekt under ledelse af DI Energibranche, der i første halvdel af 2010 forventes at offentliggøre en hvidbog om intelligente energisystemer. Planen er at lave et partnerskab og en fælles FUD strategi for området.

Offentlige FUD investeringer

Det statistiske grundlag for FUD investeringer i SmartGrids er mangelfuldt, i Danmark og internationalt. Det hænger bl.a. sammen med, at der endnu ikke findes en autoritativ definition på området. I de danske energiforskningsprogrammer er relevante aktiviteter kategoriseret under "Energisystemer", mens f.eks. EU-projekter under Rammeprogram 5 er kategoriseret under "Integration of renewable energies and distributed energy generation into European electricity networks".

I figuren nedenfor illustreres fordeling af midler til dette område over år samt på programmer. Der er en særdeles ujævn allokering af konkurrenceudsatte midler til dette område med mere end 105 MDKK i 2009, men i øvrigt årlige bevillinger på ca. 20-30 MDKK. ForskEl og DSF er de store bidragyderne. Ikke inkluderet i disse beløb er den interne FUD-aktivitet, som Energinet.dk gennemfører sammen med andre interessenter i energisystemet.

Figur 16: Bevilling til Energisystem projekter



Kilde: Energiforsk 2010 (udkast).

Energinet.dk deltager i ERAnet SmartGrids og har sammen med en række andre europæiske forskningsfinansierer publiceret et fælles call for SmartGrids projekter primo 2010 på i alt 6,8 M€ De relative små danske midler geares med andre internationale midler og giver derved danske videnaktører mulighed for at indgå i internationale samarbejdsprojekter indenfor områder af dansk interesse.

I regi af det nordiske samarbejde er der lanceret et Topforskningsinitiativ med fokus på klima, energi og miljø, hvor integration af storskala vind i energisystemet er et af seks delprogrammer. Initiativet disponerer over 400 mio. kr. i offentlige midler, delprogrammet har 50 mio kr. (www.toppforskningsinitiativet.org).

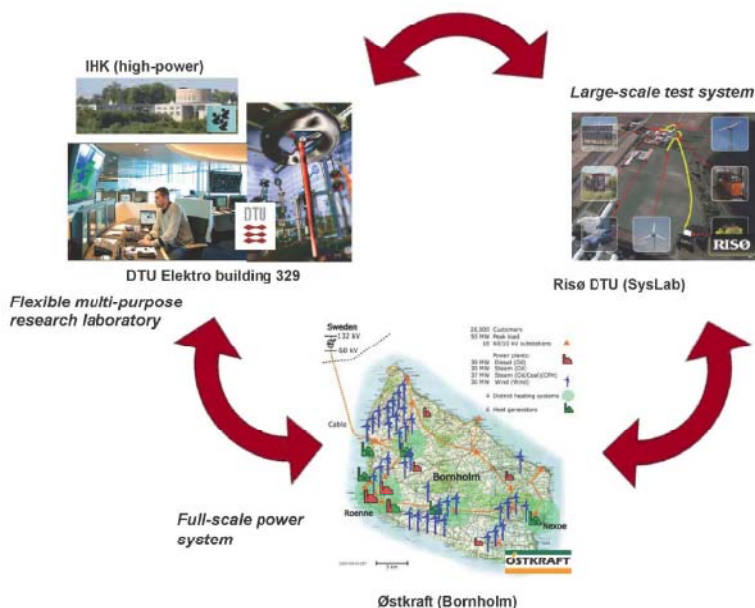
Danske videnmiljøer har desuden mulighed for at søge midler i EU Rammeprogrammer, Intelligent Europe og strukturprogrammerne.

Samspil i energisystemet

Der har historisk været et integreret samspil mellem de traditionelle aktører i energisystemet, først og fremmest den system ansvarlige operatør (Energinet.dk), de lokale netvirksomheder og el-leverandørerne (producenterne), som skal sikre drift og vedligehold af el-nettet. Energinet.dk har en række samarbejdsfora, som alle medvirker til at facilitere dette samspil. Det drejer sig f.eks. om Interessentforum, Markedsudvalg el, Netudvalg el, Transmissionsudvalg el og Aktørforum el. I forbindelse med udvikling af et SmartGrids vil samspil med nye aktører skulle udvikles og uddybes. Det gælder ikke kun samspil med de traditionelle teknologiproducenter som ABB, Siemens, NKT m.fl. men i særdeleshed IKT-teknologiproducenterne.

Samspillet mellem de traditionelle energiaktører og videninstitutionerne er især blevet styrket gennem den eksperimentale platform – PowerLabDK, jf. figuren nedenfor.

Figur 17: PowerLabDK



Kilde: Jacob Østergaard, DTU ref. i EA Energianalyse, PPP 28. januar 2010.

Med offentlig støtte til DI Energibranches Partnerskabsprojekt forventes samspillet mellem offentlige og private aktører at blive styrket. Det er dog endnu for tidligt at sige noget om, hvorvidt samspillet mellem de betydende aktører indenfor udvikling af det intelligente net styrkes eller svækkes gennem dette projekt, eftersom betydende aktører som Energinet.dk og netselskaber endnu ikke har forpligtet sig.

Internationalt samspil

Det internationale samspil sker på mange forskellige niveauer og gennem forskellige mekanismer. På det strategiske plan er danske aktører repræsenteret i SET-Plan styregruppe og to af de bærende piller – byggestenene til den europæiske industriinitiativ for el-nettet og den europæiske energiforskningsalliance (EERA). Energinet.dk spiller desuden en særdeles aktiv rolle i F&U arbejdsgruppen under ENTSO-E og dermed på, hvilket engagement de systemansvarlige organisationer forventes at spille i SET-Planens teknologi roadmap for el-nettet. Energinet.dks deltagelse i ERA-net SmartGrid og samspillet med andre udenlandske programmer i et fælles forskningsprojekter kan tilføre de strategiske planer konkret indhold. Det samme gør sig gældende for samspillet i det nordiske Topforskningsinitiativ, hvor såvel Forsknings- og Innovationsstyrelsen, Energistyrelsen og Energinet.dk er aktive i programbestyrelsen og programkomiteen for integration af storskala vind i energisystemet.

I de dansk finansierede FUD-projekter er der relativt lille samspil med internationale videnmiljøer, om end Ecogrid er designet som et fase-opdelt dansk og europæisk projekt.

Danske videnmiljøer er vel repræsenterede i EU-projekter finansieret gennem Rammeprogrammer eller Intelligent Europe. ENTSO-E har lavet en oversigt over SmartGrid projekter indenfor simulerings/modellerings projekter og stor skala demonstrationsprojekter. Danske videnmiljøer deltager i halvdelen af de 26 EU projekter. Energinet.dk er den institution, der deltager i flest projekter (8) og Risø

DTU i næstflest (6). Udover Risø DTU deltager flere andre institutter på DTU (bl.a. CET og IMM) samt Aalborg Universitet. Samlet set deltager forskningsinstitutioner i 10 projekter. DONG og Østkraft deltager i tre projekter som DSO'er og energiproducenter. Gamesa deltager som eneste teknologi producent og det kun i et projekt. Tre konsulentfirmaer (Enfor, Energi- og Miljø Data og PlanEnergi) deltager derudover i projekter. Sammenlignet med det generelle aktør-billede i projekterne er danske aktører underrepræsenteret, hvad angår teknologiproducenter, og ligeledes hvad angår elleverandører og -producenter.

Der er yderligere internationale tiltag f.eks. i forhold til Kina såsom det danske innovationscenter i Shanghais SmartGrids 2010 program. Formålet med programmet er at præsentere det danske el-net og skabe opmærksomhed om danske SmartGrid løsninger. Programmet henvender sig i Danmark til Energinet.dk, forskningsinstitutioner og teknologi udbydere. Samarbejdspartnere fra kinesisk side vil være myndigheder, den statslige netvirksomhed, firmaer og forskningsinstitutioner (Innovation Center Denmark Shanghai 2010).

5.5 Sammenfatning

Overordnet set har Danmark et godt udgangspunkt for at udvikle fremtidens intelligente net, som er forudsætningen for at indpasse store mængder af vedvarende energi i elnettet og samtidig levere strøm med høj effektkvalitet, pålidelighed og til konkurrencedygtig pris.

Det danske el-system er allerede i dag karakteriseret ved en stor grad af fleksibilitet og dynamik, der understøttes af et robust transmissionsnet og stærke udlandsforbindelser og er karakteriseret ved en liberalisering af elsektoren, et velfungerende nordisk el engrosmarked, et prisfleksibelt elforbrug for store forbrugere (over 100.000 kWh/år) og et stigende antal dynamiske decentrale kraftvarmeværker.

Med en lille men interessant portefølje af strategiske og fuld skala laboratorietest og demonstrationsprojekter og med de eksisterende planer for styrkelse af el-nettet og udvikling af el-markedet har Danmark generelt gode rammebetingelser for at udvikle spidskompetencer indenfor SmartGrids. Forskningsfeltet er ikke veldefineret, heller ikke internationalt. Aktørerne i innovationssystemet står således overfor at finde fælles fodslag i udvikling af nye serviceydelser og teknologiske løsninger i et komplekst spændingsfelt mellem en langsigtet, grænseoverskridende infrastruktur, netteknologier, aktive kunder og liberaliserede el-markeder (en gros- såvel som detailmarkedet).

1. På det **strategiske plan** har Danmark ikke udviklet en national FUD strategi for det intelligente net. Men danske aktører er godt repræsenterede i de betydende strategiske fora på EU niveau så som SET-Plan, teknologiplatform/industri initiativ og den europæiske energiforskningsalliance, hvor der udvikles teknologi roadmaps og fælles forsknings-programmer. I særdeleshed har Energinet.dk en pro-aktiv rolle i den strategiske forskningsplan, som er udarbejdet af den europæiske organisation for transmissionssystemoperatører ENTSO-E. På initiativ af Dansk Industri (og dermed teknologiproducenterne) undersøges potentiale og interesse for dannelsen af et offentlig-privat partnerskab for intelligente energiløsninger, hvis legitimitet i høj grad vil afhænge af aktiv deltagelse af den systemansvarlige og netselskaberne.

2. **De offentlige FUD-investeringer** indenfor området har varieret over tid. FUD-indsatsen varetages dels gennem Energinet.dks egne projekter og dels gennem konkurrenceudsatte midler administreret af Energinet.dk og DSF. På trods af en relativ beskedne investering er der udviklet en god portefølje af strategiske projekter og test- og fuldskala demonstrationer. Gennem fælles afstemning af forskningstemaer har DSF og Energinet.dk for 2010 tilrettelagt fælles rammer for fremtidige projekter indenfor intelligent net. Gennem deltagelse i ERAnet SmartGrids og fælles calls har Energinet.dk ligeledes mulighed for at geare sine forskningsmidler med internationale ditto i fælles forskningsprojekter. Det samme gør sig delvist også gældende for de danske aktører, der deltager i ledelsen af det nordiske topforskningsinitiativets program for integration af storskala vind i energisystemet.
3. **Samspillet** mellem aktørerne i innovationssystemet er især karakteriseret ved det historiske samspil, der findes blandt aktørerne i energisystemet, dvs. den systemansvarlige, netselskaber og producenter. Disse indgår i et relativt tæt samspil med de tre mest betydende videncenter på området (DTU, Risø DTU og AAU). Med krav til udvikling af nye serviceydelser og teknologiske løsninger vil nye aktører komme på banen, men det er endnu ikke klart slået igennem i FUD-projekterne. Det er endnu for tidligt at vurdere om det DI-ledede partnerskabsprojekt for intelligente energisystemer vil styrke eller svække samspillet.
4. Det **internationale samspil** er karakteriseret ved, at enkeltinstitutioner er godt repræsenteret i diverse strategiske fora, ERAnet og andre regionale program-initiativer samt EU projekter. Der er ikke en fælles interessevaretagelse af danske positioner, kompetencer og interesser vis-a-vis SET-Plan og de bærende institutioner. Derimod har Energinet.dk spillet en proaktiv rolle i ENTSO-E Research and Development Plan 2020. Det vil med fordel kunne udnyttes til i endnu højere grad at styrke Danmarks position indenfor intelligent net og intelligent elforbrug i en international kontekst.

6 Konklusion og anbefalinger

Overgangen til et energisystem uden brug af fossile brændsler vil kræve en langsigtet indsats, som både fordrer en effektiv udbredelse af eksisterende teknologier og udvikling af helt nye teknologier og løsninger.

Mere end 30 års fokus på udvikling af effektive energisystemer, energibesparelser og vedvarende energi i Danmark har betydet, at der er udviklet kompetencer indenfor udvikling og implementering af energiteknologier. Det har skabt grundlaget for et særdeles omstillingsparat, effektivt og sikkert energisystem samtidig med, at der er udviklet konkurrencedygtige energiteknologi industrier i verdens klasse, internationalt ledende kompetence- og videnmiljøer og økonomisk vækst.

Det energiteknologiske innovationssystem er generelt godt udviklet i Danmark og er et resultat af en lang række faktorer, rammer og indsatser over lang tid. Energipolitiske mål, langsigtede energiplaner og markedsfremmende incitament har sammen med offentlige forsknings-, udviklings-, og demonstrationsprogrammer, et udviklet offentlig-privat samarbejde og internationale vilkår (lille åben økonomi) gjort det attraktivt for danske virksomheder at engagere sig i udvikling af nye energiteknologier og løsninger, der siden har skabt forretningsmæssige muligheder i Danmark og internationalt.

Men en voksende global konkurrence på markedet for nye energiteknologier og løsninger udfordrer danske styrkepositioner. Danske virksomheders evne til også fremover at klare sig på globale markeder styrkes af en kontinuerlig, målrettet og strategisk energiteknologisk indsats. En indsats, der kombinerer en ambitiøs investeringsvillighed med prioritering af indsatsen, koordination og samordning mellem offentlige FUD ordninger, et endnu bedre offentlig-privat samspil og internationalt samarbejde.

Med udgangspunkt i analysen peges der på seks konkrete anbefalinger til en målrettet og sammenhængende indsats for styrkelse af danske kompetencer og viden indenfor nye energiteknologier og løsninger. I Appendiks B findes en skematisk oversigt over anbefalingerne.

En national strategisk energiteknologisk plan

Det er nødvendigt, at Danmark udvikler en samlet national plan for udvikling af nye energiteknologier og løsninger – en dansk pendant til den europæiske strategiske energiteknologiske plan, SET-Planen. Det er godt, men ikke tilstrækkeligt, at der er udarbejdet strategiplaner og roadmaps for individuelle nye teknologier. Disse kan i en opdateret og synkroniseret udgave udgøre vigtige byggesten i en samlet national strategi. Strategien skal angive hoved indsatsområder af relevans for udvikling af et sikkert og velfungerende energisystem fri for fossile brændsler samt forretningsmæssige muligheder for dansk energiteknologiindustri. Strategien skal angive strategiske forskningsplaner, demonstrations- og testplaner og implementering for de centrale teknologier, hvor nogle naturligt er mere udviklede end andre og derfor fordrer diversitet i indsatsen.

Strategien skal samtidig angive, hvordan det internationale samspil bedst muligt styrker danske kompetence og videnmiljøer. Det vedrører i særskilt grad samspillet med SET-Planen og dens bærende institutioner – European Energy Research Alliance og European Industrial Initiatives. Regionale trædesten som f.eks. Nordisk Energiforskning, det nordiske Topforskningsinitiativ og velfungerende ERA-net bør

også indgå i vurderingen. Samspillet med tredje lande uden for EU, hvor danske virksomheder og udviklingspolitiske myndigheder har interesse, skal også tages i betragtning.

Strategien skal angive det samlede investeringsbehov – offentligt og privat i størrelsesorden 1:1 – for at realisere teknologiplanen. Investeringsbehovet skal så vidt muligt matche det detaljeringsniveau, der ligger i SET-Planen.

Strategien bør ledes af energisektoren og skal inddrage alle betydende aktører i det danske energiteknologiske innovationssystem – energiproducenter, systemoperatører, handelsselskaber, store og små forbrugere, universiteter, GTSere, regionale erhvervs- og udviklings aktører og myndigheder. Arbejdsgrupper, workshops, konferencer og virtuelle møde- og informationsarenaer skal sikre størst mulig forankring og videndeling. Processen bør tilrettelægges, så der skabes ejerskab samtidig med, at der udvikles et gennearbejdet, afstemt og operationelt strategidokument indenfor 3-4 måneder.

En hurtig og effektiv gennemførelse af strategiprocessen kan sikres gennem etablering af et fælles sekretariat med medarbejdere og budget fra de danske FUD-programmer. Denne model forudsætter aktiv opbakning på direktør-niveau indenfor de pågældende ressort-områder.

Effekten af denne indsats vil identificere nationale styrke og kompetenceområder, opdatere eller udvikle helt nye teknologi strategier og roadmaps, identificere investeringsbehov og kunne fungere som en platform for eksisterende og nye offentlig-private partnerskaber. Samtidig giver det anledning til aktivt at positionere danske indspil i forhold til internationalt samarbejde, især SET-Planen, og profilere en samlet dansk indsats i forhold til nationale og internationale interessenter.

De utilsigtede effekter ved en sådan national plan er de interessekonflikter, der eksisterer eller kan opstå på tværs af teknologiområder, samt faren for at strategien kun forbliver tomme ord uden ejerskab og forpligtelse til at realisere strategien i t tæt samspil mellem industrien, universitets- og institutmiljøerne og det politisk-administrative system. Strategien kan også blive så rigid, at nye lovende udviklingsområder ikke bliver fanget op.

Væsentlig styrkelse af koordinering og samspil mellem programmer

Den eksisterende og velfungerende koordinations- og samordningsarena mellem de danske energi FUD-programmer danner udgangspunkt for en væsentlig styrkelse af en samordnet og koordineret indsats indenfor hele værdikæden, fra forskning til markedsintroduktion. Udover en fortsat administrativ koordinering mellem programmernes opslag, information og kommunikation er væsentlige mekanismer for en sådan styrket samordning og koordinering følgende:

- Udvikling af joint programming på tværs af programmer med fælles calls, udvikling af fælles virkemidler (projekttyper), review, opfølgning mv. En sådan aktivitet fordrer en godkendelse og aktiv opbakning fra diverse program bestyrelser.
- Udvikle en fælles finansieringsramme for offentlig-private partnerskaber, hvor forskellige program midler pooler for at sikre tilstrækkelig offentlig finansiering til mindst et partnerskab indenfor de mest betydende teknologiområder i Danmark. En sådan ordning kan tilrettelægges på en pragmatisk måde, der respekterer de enkelte programmers

beslutningskompetencer og samtidig ikke øger de administrative byrder for bevillingsmodtagerne.

- Etablering af en fælles analyse- og evalueringsindsats, der kan udnytte stordriftfordele, skabe kritisk masse, erfaringsopsamling og læring i program-administrationerne og derved sikre en optimeret og innovativ offentlig indsats. Aktiviteter vil typisk kunne omfatte metodeudvikling og kort- og langsigtede resultat- og effektanalyser på mikro, meso og makro niveauer. Eksempelvis kan analyser omfatte resultater og effekter på produktivitet, samspil, internationalt samarbejde, benchmark med andre lande etc.

Sådanne samordningsaktiviteter vil styrke og profilere en samlet dansk FUD indsats overfor danske og internationale viden- og kompetence miljøer samt virksomheder, der ønsker at udvide eller etablere F&U afdelinger i Danmark under forudsætning af gode, effektive og ambitiøse rammebetingelser for videnudvikling.

Sådanne tiltag vil også bidrage til at generere en samlet dokumentation til politiske beslutningstagere om, hvad der kommer ud af offentlige FUD investeringer. Det i sig selv kan bidrage til at sikre større folkelig forståelse for en kontinuerlig og ambitiøs energiteknologisk indsats, også indenfor de mere grundlæggende forskningsområder.

Utsigtede effekter som flere administrative byrder for bevillingsmodtagere og langsommelige beslutningsprocesser kan modvirkes gennem aktiv opbakning fra de involverede programbestyrelser og direktører, transparens, samarbejdsvilje og en vis portion pragmatisme.

Samfundsvidenskabelig forskning i energisektoren

Som led i overgangen til et helt nyt energisystem er der stort behov for ny viden, kompetenceopbygning og bedre forståelse for energisektoren, geopolitiske forhold indenfor energi, energi- og klimapolitikken, rammer for energiteknologiske innovationer, globale energi- og energiteknologiske markeder, IPR, offentlig accept mv. Den samfundsvidenskabelige forskning i energisektoren har i en årrække ikke været højt prioriteret i de danske energi FUD programmer. Der er dog en stigende erkendelse i energisektoren, industrien, akademiske kredse og blandt myndigheder, at en dybere forståelse for samspillet mellem markeder, teknologier og samfund er afgørende for udvikling af fremtidens energisystem. Samfundsvidenskabelig forskning bør derfor styrkes særskilt og komplementeres derved de samfundsvidenskabelige komponenter i de teknologiske projekter. Prioriteringen bør afspejles i FUD strategier og budgetter.

Effekten af en sådan satsning er en bedre forståelse for vilkår, rammer og tendenser indenfor energisektoren og dermed bedre beslutningsgrundlag for offentlige og private beslutningstagere, hvad angår tilrettelæggelse af gode rammer for udvikling af fremtidens energisystem.

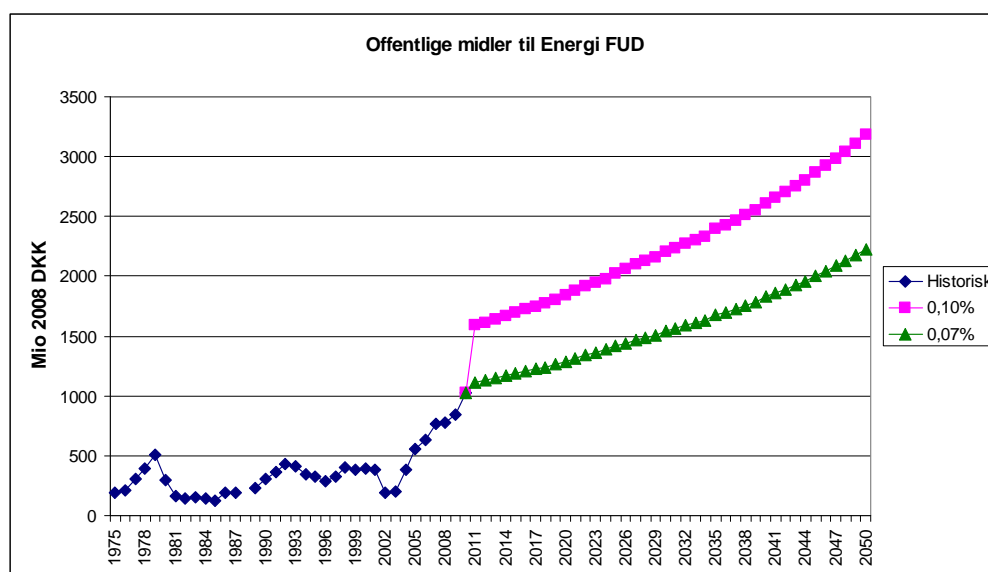
På den anden side må en sådan satsning ikke betyde, at de teknologiske udviklingsprojekter støvsuges for samfundsvidenskabelige komponenter. Problemdrevne projekter vil fortsat skulle trække på forskellige fagdiscipliner.

Fremtidige offentlige og private investeringer

Det fremtidige investeringsniveau bør afspejle graden af de samfundsmæssige udfordringer, der er knyttet til overgangen til et helt nyt energisystem, der er

uafhængigt af fossile brændsler i 2050. Det nuværende niveau på 0,07% af BNP er højt, men næppe tilstrækkeligt til tids nok at udvikle konkurrencedygtige og pålidelige nye energiteknologier. Internationale analyser har peget på en 2-4 dobling af den nuværende investeringsindsats for at udvikle og markedsmodne nye energiteknologier. Den nationale energiteknologiske strategi bør indikere det samlede investeringsbehov samt investeringsbehov fordelt på hovedteknologiområder og opdelt på forskning og demonstration. Investeringsbehovet bør også ses i relation til SET-Planen. Forskellige fremskrivninger i 2008 priser af det offentlige investeringsniveau fremgår af nedenstående figur. I 2010 udgør de offentlige investeringer lidt over 1 mia kr eller 0,07% af BNP. Det svarer til 1,5 mia kr i 2030 og 2,2 mia i 2050. Hvis % øges til 0,1% af BNP svarer investeringen i 2030 2,2 mia kr og 3,2 mia kr i 2050. Alt sammen i 2008-priser.

Figur 18: Fremskrivninger i offentlige FUD investeringer. 2008 priser.



Kilde: IEA database, Energiforsk2010 og DTU Klimacenter

Udover et ambitiøst niveau er det lige så vigtigt at sikre kontinuitet og klarhed i de fremtidige offentlige FUD investeringer. Stop-go tendenser i de offentlige støtteprogrammer bør undgås, da det har særdeles negative konsekvenser på udvikling og opbygning af konkurrencedygtige videnmiljøer. Forskning, udvikling og demonstration tager tid og fordrer gode og forudsigbare rammebetingelser. Det vil samtidig øge private aktørers villighed til at investere i de markedsnære aktiviteter.

Robusthed i de offentlige investeringer kan tilvejebringes gennem anvendelse af forskellige finansieringsmekanismer – finanslovsbevillinger, PSO-ordninger, statslige lånegarantier og vækstfonde. Mens DSF og EUDP begge får tilført midler på finansloven, bliver PSO-programmerne – ForskEL, ForskVE og Elforsk – finansieret gennem et politisk bestemt tillæg på el-tariffen. PSO-afgiften følger det faktiske forbrug, hvor store elforbrugere betaler mere til FUD af nye energiteknologier end små elforbrugere. Der er i princippet ikke loft for PSO-afgiften. En fremtidig robust offentlig investeringsindsats kan derfor med fordel tilvejebringes gennem flerårige finanslovsbevillinger til DSF og EUDP kombineret med en forhøjelse af PSO-ordningerne og en tentativ fordeling af de totale midler på 1/3 til hver ordning. I den forbindelse kan indførelsen af en PSO-ordning for fjernvarme overvejes.

I lyset af den økonomiske situation kunne stigningen i PSO andelen øges først og i siden efterfølges af stigninger i EUDP og DSF.

Effekterne af et ambitiøst og robust offentligt investeringsindsats vil sikre den nødvendig kontinuitet og forudsigbarhed i de offentlige investeringer og dermed sikre gode rammebetingelser for den fortsat udvikling af eksisterende og nye viden- og kompetencemiljøer i Danmark. Samtidig vil det give et klart signal til industrien om forskning, udvikling og demonstration som et højt prioriteret område, hvor også industrien forventes at investere mindst et tilsvarende beløb.

Utilsigtede effekter i en robust finansieringsmodel kan være, at nogle beslutningstagere hælder mere til en skattefinansieret model og andre til en afgiftsfinansieret model, i stedet for at betragte disse som komplementære modeller.

Øget internationalt fokus i programmerne

I dag er der forskellige rammer for, hvor mange midler programmer kan anvende til internationalt samarbejde, f.eks. deltagelse i internationale joint programming. I DSFs lovgrundlag er det muligt at anvende op til 20% af programmidlerne til internationalt samarbejde. En tilsvarende mulighed bør gøres gældende for de andre programmer.

Effekten af denne indsats vil være mulighed for at programmerne kan gå aktivt ind i internationalt program samarbejde med anseelige beløb. Det skaber mulighed for at designe programmer og calls med andre lande, med hvilke der vil være fælles interesser og relevante videmiljøer. Samtidig vil det på mange måder kunne øge programmernes generelle koordinerings- og samordningsevner.

Utilsigtede effekter kan være en øgning i de administrative byrder ved internationalt samarbejde. Det vil typisk ske i de første faser af et sådant samarbejde, men herefter aftage it akt med udviklingen i programmernes koordinerings- og samordningsevne.

Systematisk analyse af kompetence- og uddannelsesindsats indenfor energisektoren

Rapporten har kun sporadisk beskæftiget sig med behovet og efterspørgslen efter uddannet arbejdskraft og kompetenceudvikling i energisektoren. Især i de mere udviklede energiteknologiindustrier som f.eks. vind er der et udpræget behov for at sikre den nødvendige og kompetente arbejdskraft til udvikling af Danmark som et førende kompetence- og testcenter for nye energiteknologier og løsninger. Der er kommet en række mellem- og videregående uddannelser indenfor flere teknologiområder, men der er behov for en grundig analyse over kompetence- og uddannelsesindsatsen indenfor energisektoren. Den bør omfatte alle relevante uddannelser omfattende erhvervsuddannelser, mellem- og videregående uddannelser, forskeruddannelse, efteruddannelse mv.

Med den stigende internationalisering og danske virksomheders etablering af F&U afdelinger på udenlandske markeder og internationale virksomheders placering af F&U afdelinger i Danmark, er der generelt behov for at analysere, hvordan danske uddannelser kan tage højde for dette, og hvilke strategier danske uddannelsesinstitutioner kan forfølge i et mere og mere globalt uddannelseslandskab.

Effekter af en sådan indsats vil være større viden om og forslag til, hvordan videmiljøernes og industriens uddannelses- og arbejdskraftbehov bedst matches.

Litteratur

Amin, S. Massoud & Wollenberg, B.F. "Toward a SmartGrids". IEEE power & energy magazine, september/October 2005. (Vol. 3, No.3, pgs 34-41).

Anadon, L.D. & Nemet, Synfuels Box for GEA, April 2009. Manuskript.

Anadon, L.D. & Holdren, J.P, Policy for Energy Technology Innovation. I Kelly Sims (ed.), Acting in Time on Energy Policy. Brookings Institution Press, 2009.

Borup, M.; Dannemand Andersen, P.; Gregersen, B.; Nygaard Tanner, A., Ny Energi og innovation i Danmark. DJØF, november 2009.

Danish Agency for Science, Technology and Innovation, Evaluation of Danish Participation in the 6th and 7th Framework Programmes, Research: Analysis and Evaluation 2/2010.

Dansk Forskningskonsortium for vindenergi, En strategisk analyse, Risø, DTU, Aalborg universitet, DHI – Institut for vand og miljø, februar 2002.

DEA, Vækst gennem videndeling, DEA, oktober 2009
(<http://fuhu.dk/dea/publikationer/vaekstgennemvidendeling>).

DEA, Viden over grænser, DEA, april 2009
(<http://fuhu.dk/dea/publikationer/videnovergraenser>)

Deloitte, Analyse af leverandører til vindmøllebranchen. Markedsnyt 2009, December 2009.

DI Energibranchen, Nyt klima for vækst – anbefalinger til en Bright Green erhvervsklimastrategi. Baggrundsrapport. Marts 2009.

Ea Energianalyse og Risø DTU, Katalog over virkemidler. 2. Udkast. December 2009.

Energinet.dk, Evaluering af ForskEL-programmet 2009, energinet.dk, 2009.

Energinet.dk, Systemplan 2009, december 2009
<http://www.energinet.dk/NR/rdonlyres/4B43B9A6-EB7D-4311-85A6-AE39DAF8B711/0/Systemplan2009.PDF>

Energistyrelsen, Brintteknologier – strategi for forskning, udvikling og demonstration I Danmark. Energistyrelsen, juni 2005.

Energistyrelsen, Energistatistik 2008, september 2009a
http://www.ens.dk/da-DK/Info/TalOgKort/Statistik_og_noegletal/Maanedsstatistik/Documents/Energistatik%202008.pdf

Energistyrelsen, Tre redegørelser om Intelligent Elforbrug sendt til ministeren, August 2009b <http://www.ens.dk/da-dk/info/nyheder/nyhedsarkiv/2009/sider/intelligentelforbrug.aspx>

Energistyrelsen, Tema om fremtidens energisystem, Februar 2010
<http://www.ens.dk/da-DK/Info/Nyheder/Temaer/fremtidensenergisystem/Sider/Forside.aspx>

ENTSO-E, Research and Development Plan. European Grid Towards 2020 Challenges And Beyond. Marts 2010.

ERGEG, Position Paper on SmartGrids - An ERGEG Public Consultation Paper, E09-EQS-30-04, December 2009
http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/OPEN%20PUBLIC%20CONSULTATIONS/Smart%20Grids/CD/E09-EQS-30-04_SmartGrids_10%20Dec%202009.pdf

ESTO, HYCOM Prefeasibility Study, Final Report, EUR 21575, March 2005.

EU Commission, Hydrogen Energy and Fuel Cells. A vision of our future. EUR 20719EN, 2003.

EU Commission, Drivers of International collaboration in research. Final report. DG Research, EUR 24195 EN. 2009

Europa Parlamentet "Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC" April 2009a <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF>

Europa Parlamentet, Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC, Juli 2009b <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:EN:PDF>

European Technology Platform SmartGrids, Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future, Udkast, september 2008
http://www.smartgrids.eu/documents/3rdGA/SmartGrids_SDD_Draft_25_sept_2008.zip

European Technology Platform SmartGrids, Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Networks of the Future, EUR 22580, Directorate General for Research Cooperation – Energy, 2007
http://www.smartgrids.eu/documents/sra/sra_finaldraftversion_18Dec2006.pdf

Forsknings- og Innovationsstyrelsen, Evaluering af forskningsrådssystemet I Danmark, FI, 2009a.

Forsknings- og Innovationsstyrelsen, Analyse af forsknings- og udviklingssamarbejde mellem virksomheder og videninstitutioner, Innovation: Analyse og Evaluering 3/2009b.

Forsknings- og Innovationsstyrelsen, Produktivitetseffekter af erhvervslivets forskning, udvikling og innovation. 1/2010.

Fuel Cell Today, 2008 Large Stationary Survey, August 2008

Fuel Cell today, 2009 Light Duty Vehicle Survey, May 2009a

Fuel Cell Today, 2009 Niche Transport Survey, August 2009b

Fuel Cell Today, Small Stationary Survey, March 2009c

Global Wind Energy Council (GWEC), Global Wind Energy Outlook 2008, oktober 2008

Global Wind Energy Council (GWEC), Global Wind Energy Outlook 2009, marts 2010

Houman Andersen, P. & Drejer, I., Danmark som wind power hub - mellem virkelighed og mulighed. Udgivet af Vindmølleindustrien, oktober 2006

IEA, Data Services, RD&D Budgets,
<http://wds.iea.org/WDS/ReportFolders/ReportFolders.aspx>

IEA, Hydrogen and Fuel Cells - Review of National R&D Programs. OECD, 2004.

IEA, Technology Roadmap Wind energy, december 2009. www.iea.org

IEA, Global gaps in clean energy research, development, and demonstration. December 2009. www.iea.org.

IEA, Energy technology perspectives 2010. Draft..

Innovation Center Denmark Shanghai "SmartGrids" Februar 2010
<http://www.shanghai.um.dk/en/menu/Programsandcampaigns/SmartGrid/>

Jones, C.; Anadon, L.D., Public-private partnerships for Energy Technology Innovation. Manuskript fremsendt til Elsevier Editorial System for Research Policy, December 2009.

JRC, 2009 Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan), Part – I: Technology Descriptions. EUR 24117 EN, 2009.

Jørgensen, B.H., Key Energy Technologies for Europe, Ris-r-1533(EN), 2005.

Larsen, H. & Petersen, L.S (red.), The intelligent energy system infrastructure for the future- Risø-R-1695(EN), september 2009.

Megavind, Afprøvning og demonstration af vindmøller. Sekretariatet Vindmølleindustrien, juni 2008

Megavind, Danmarks fremtid som kompetence centrum for vindkraft. Sekretariatet Vindmølleindustrien, 2007. www.windpower.org/megavind

Megavind, Strategiske indsatsområder for forskning, udvikling og demonstration indenfor vindenergi. Sekretariat Vindmølleindustrien, juni 2008.

New Energy World JTI, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Multi-Annual Implementation Plan 2008-2013.
http://ec.europa.eu/research/fch/pdf/fch_ju_multi_annual_implement_plan.pdf#view=fit&pagemode=none

OECD, Directorate for Science, Technology and Industry, Committee for Information, Computer and Communications Policy, Working Party on the Information Economy, Sensors, Sensor Networks and the Environment: Applications and Impacts, DSTI/ICCP/IE(2009)4, June 2009

Olesen Larsen, P., Forskningens Verden. Prydhave Nyttehave Vildnis. Århus: Aarhus Universitetsforlag, 200.

Partnerskabet, Elektrolyse i Danmark, Strategi for F, U & D 2010-2018, august 2009, www.hydrogennet.dk

Regeringen, Erhvervsklimastrategi. Globale udfordringer – danske muligheder. Oktober 2009.

Rosenhagen, C; Hougaard-Jensen, S.E.; Møllgaard, P.; Nielsen, S.B., Analyse af dansk energiforskning – er bevillingerne store nok, og er prioriteringerne rigtige?

Rådet for Teknologi og Innovation (RTI), Strategi for virksomhedernes internationale innovationsaktiviteter. Forsknings- og Innovationsstyrelsen, 2008.

Skytte, K.; Grenaa Jensen, S.; Morthorst, P.E.; Olsen, O.J., Støtte til vedvarende energi?. DJØF, 2004.

TPWind (European Wind Energy Technology Platform), TPWind: The Way forward, marts 2009
(www.windplatform.eu/fileadmin/ewetp_docs/Documents/TPWind_The_Way_Forward.pdf)

TPWind, Strategic Research Agenda, Market Deployment Strategy from 2008-2030, juli 2008, (www.windplatform.eu/92.0.html).

Vindmølleindustrien, Branchestatistik 2009, www.windpower.org

Vindmølleindustrien, Årsberetningen 2009, 2009.

VTU, Samspil. Nye veje mellem forskning og erhverv – fra tanke til faktura. Baggrundsrapport. September 2003.

VTU, Forsk2015 – Et prioriteringsgrundlag for strategisk forskning. 2008.

VTU, Evaluering af Forsk2015. 3/2009.

World Bank, Key Development Data & Statistics, <http://web.worldbank.org>

Appendiks A – Oversigt over danske FUD programmer

Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram

Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) blev oprettet i 2008 som afløser til det tidligere EFP program. De afsatte tilskudsmidler midler udgjorde 713 mio. kr. for perioden 2007-2010, heraf 200 mio. kr. til 2. generations biobrændstof. Yderligere 364 mio. kr. til EUDP blev afsat for årene 2009 og 2010 med aftale af 5. november 2008 om fordeling af globaliseringsmidlerne til forskning og udvikling. I 2009 er der herefter omkring 220 mio. kr. til rådighed for EUDP. I Tabel 6 vises, hvilke teknologier der blev prioriteret i 2008.

Formålet med programmet er at bidrage til at opfylde ”de overordnede energipolitiske mål, som er at skabe velfungerende energimarkeder med rammer, der sikrer: Forsynings sikkerhed, Et renere miljø, Omkostningseffektivitet.” Derudover har EUDP til formål at ”Udnytte og udvikle danske erhvervspotentialer på energiområdet”. Dette opnås ved at støtte udvikling og demonstration af nye energiteknologier. Programmet finansieres af Klima- og Energiministeriet og ledes af en uafhængig bestyrelse, som er udpeget af klima- og energiministeren. Sekretariatsfunktionen er placeret i Energistyrelsen. En bred vifte af teknologier støttes, som illustreret i tabel.

Det Strategiske Forskningsråd

Det Strategiske Forskningsråd (DSF), der har eksisteret siden 2004, forvalter midler fra Forsknings- og Innovationsstyrelsen under Ministeriet for Videnskab, Teknologi og udvikling. Rådet består af en bestyrelse og syv programkomiteer, hvoraf den ene er Programkomiteen for Bæredygtig Energi og Miljø, som i 2009 havde en beløbsramme på 295 mio. kr. Udmøntningen fordelt på teknologier er vist i Tabel 6. Bestyrelsen består af repræsentanter fra både forskning og industri. Programkomiteerne består af forskere hovedsageligt fra Danmark og de øvrige nordiske lande.

Det Strategiske Forskningsråd har som formål, at ”den strategiske forskning i Danmark indrettes, så den bedst muligt adresserer de udfordringer, det danske samfund står overfor. Hensigten er at bidrage til at sikre Danmarks position som velfærdsmæssig, økonomisk og videnskabelig frontløber i globale sammenhænge på henholdsvis kort og langt sigt.” og ”at den strategiske forskning skal bidrage til forskeruddannelse og til at sikre en positiv udvikling af forskermiljøerne i Danmark.” Der lægges derudover vægt på samarbejde både mellem offentlige og private institutioner og på tværs af lande grænser. (<http://www.fi.dk/raad-og-udvalg/det-strategiske-forskningsraad>)

Energinet.dk

Energinet.dk administrerer en række forskningsprogrammer med forskellige fokus og årlige budgetrammer:

- ForskEL (forskning, udvikling og demonstration i miljøvenlige elproduktionsteknologier, 130 mio. kr/år, (1998-))
- ForskVE (udbredelse af solceller, bølgekraft og biogas, 25 mio. kr/år, (2008-2011))
- ForskNG (udvikling af naturgas transportsystemet og demonstration af gasteknologier (2007-))
- ForskIN (forskning i og udvikling af elsystemet internt i Energinet.dk)

Programmerne finansieres af en PSO tarif for elkunderne, bortset fra ForskNG og ForskIN, som ikke opererer med fastlagte beløb. ForskNG finansieres over Energinet.dks driftsbudget med midler fra gas transmissionstariffen. Det interne forskningsprogram, ForskIN, finansieres med midler fra Energinet.dk's driftsbudget med midler fra eltransmissionstariffen.

Energinet.dk blev stiftet i 2005 og er en selvstændig offentlig virksomhed ejet af den danske stat ved Klima- og Energiministeriet og med egen bestyrelse. En række citater kan illustrere formålet med F&U programmerne i Energinet.dk: "Energinet.dk har som systemansvarlig virksomhed pligt til at sørge for, at der udføres forskning og udvikling (F&U) til glæde for det danske samfund og for elsektoren." "Forskningen tager udgangspunkt i den overordnede udvikling af el- og naturgassystemerne." og "udvikles på baggrund af en langsigtet og helhedsorienteret planlægning, som både tager hensyn til miljø og bæredygtighed, høj forsyningssikkerhed, en velfungerende konkurrence på el- og naturgasmærker og samfundsøkonomi." Der lægges ligeledes vægt på at understøtte udmøntningen af energiforlig (www.energinet.dk)

Højteknologifonden

Højteknologifonden blev oprettet i 2004 og er et uafhængigt organ indenfor den statslige forvaltning og med selvstændig bestyrelse. Højteknologifondens mission er at skabe "værdi i det danske samfund ved at investere risikovilligt i markante højteknologiske tiltag, som bygger bro mellem virksomheder og offentlige forskningsinstitutioner". Medlemmerne af Højteknologifondens bestyrelse udpeges af Videnskabsministeren og består af både repræsentanter for forskning og industri. Siden 2005 er 16 projekter støttet med 255 mio. kr. indenfor energi. Der uddeles midler til både projekter og til platforme, som skal fungere som springbræt for fremtidige teknologi- og forretningsområder. Udmøntningen på teknologier i 2008 er vist i Tabel 6.

Med hensyn til internationalt samarbejde gøres det klart i Højteknologifondens strategi, at "Da en dansk erhvervsmæssig styrkeposition ikke altid kan matches af et tilsvarende stærkt offentligt forskningsmiljø og omvendt, vil Højteknologifonden finde måder, hvorpå stærke internationale miljøer kan inddrages i og styrke de tiltag, som Fonden støtter." (www.hoejteknologifonden.dk)

Elforsk

Elforsk, energiselskabernes F&U-program for effektiv energianvendelse baseret på PSO midler, blev etableret i 2002. Elforsk har en årlig budgetramme på 25 mio. kr. og administreres af Dansk Energi. Et udvalg bestående af repræsentanter for forskning og industri rådgiver om udmøntning af midlerne. Indsatsområder for programmet er: Bygninger, ventilation, belysning, køling, effekt- og styringselektronik, industrielle processer, samt adfærd, barrierer og virkemidler.

Elforsk har til formål at ”videreudvikle et område med et stort potentiale for energieffektivisering og nye konkurrencedygtige produkter” derudover skal den ”strategiske prioritering ... blandt andet bidrage til at forskningen hurtigt bliver til gavn for samfundet i form af energibesparelser og nye arbejdspladser.” Der lægges derudover stor vægt på ”tættere samarbejde mellem de mange aktører, der skaber fødekæden fra ide til praktisk anvendelse” (www.elforsk.dk).

Green Labs DK

Green Labs DK har en samlet finansiering på 2010 millioner kr over tre år (2010-2012) og giver støtte til etableringen (ikke driften) af et mindre antal testlaboratorier - Green Labs - hvor virksomheder kan demonstrere og teste nye grønne teknologier under realistiske omstændigheder. Ordningen kompletterer EUDP, der giver støtte til udvikling og demonstration af ny teknologi, men ikke kan yde støtte til i større omfang at opbygge faciliteter til at demonstrere og test teknologier i stor skala.

Den langsigtede målsætning med initiativet er, at Green Labs DK skal være med til at skabe testfaciliteter i international topklasse, der kan tiltrække danske og udenlandske udviklings- og demonstrationsaktiviteter.

EUDP bestyrelsen fungerer som en selvstændig programbestyrelse for ordningen.

Der pågår en høringsfase for indretningen af ordningen indtil 10. maj 2010, hvorefter der forventes indkaldt ansøgninger med frist i september 2010.

Appendiks B

Fokus	Virkemidler	Karakteristik	Effekt	Uønsket effekt	Sammenhæng med eksisterende tiltag
Styring og regulering / horisontal koordinering og samordning	National strategisk energiteknologi plan: <ol style="list-style-type: none"> Samlet strategiproces under ledelse af energisektoren og med deltagelse af energiindustri, energisektor, forsknings-institutioner, myndigheder Prioritering af hoved teknologiområder Opdatering og udarbejdelse af FUD strategier og roadmaps for teknologier samt investeringsbehov. Samspil og indmelding ift. SET-Plan roadmaps : <ol style="list-style-type: none"> EII, FCH-JTI EERA Relevante ERAnets Nordisk koordinering og samarbejde Samspil og initiativer ift. tredje lande Et fælles sekretariat nedsættes 	<p>Prioritering, koordinering og profilering af dansk FUD</p> <p>Samspil mellem off-private aktører på nationalt niveau</p> <p>Samspil mellem off-private aktører indenfor enkelte teknologiområder</p> <p>Identifikation af danske prioriteringer ift. SET-Plan</p> <p>Fælles sekretariat nedsættes og betjener styregruppe, arbejdsgrupper mv.</p>	<p>Identifikation af styrke- og kompetenceområder</p> <p>Opbygge en fælles strategisk platform for eksisterende og nye partnerskaber</p> <p>Opdatering af eksisterende teknologistrategier</p> <p>Fælles grundlag for FUD i off og private virksomheder</p> <p>Positionering af danske interesser i SET-Plan</p> <p>Synlighed overfor udenlandske interessenter, investorer mfl.</p>	<p>Interessekonflikter på tværs af teknologiområder (aktører i de forskellige innovationssystemer er forskellige)</p> <p>Udelukker de vilde ideer (wildcards)</p> <p>Manglende ejerskab til strategi</p>	<p>Der er for flere teknologier lavet FUD strategier</p> <p>SET-Plan teknologi roadmaps for EII og EERA</p>

Fokus	Virkemidler	Karakteristik	Effekt	Uønsket effekt	Sammenhæng med eksisterende tiltag
Styring og regulering / horisontal koordinering og samordning	Øget samordning og koordinering mellem programmerne: <ol style="list-style-type: none"> Fortsat administrativ koordinering og erfaringsudveksling Udvikle joint programming med fælles calls, projektvirkemidler, review, opfølgning Udvikle fælles finansieringsramme for offentlig-private partnerskaber indenfor alle betydende teknologiområder Etablere en fælles analyse- og evalueringsindsats 	<p>Forenkling og overskuelighed i den samlede offentlige FUD indsats</p> <p>Design og gennemføre fælles programmer og tiltag</p>	<p>Undgå overlap, sikre synergi mellem alle forskellige faser i værdikæden</p> <p>Mulighed for store satsninger som skaber kritisk masse, synergi, synlighed</p> <p>Brugervenlig over for ansøgere</p> <p>Udvikle og optimere program-design og parathed til at indgå samarbejde, samspil med internationale aktører.</p> <p>Fælles læring og erfaringsudveksling</p> <p>Generere fælles dokumentation for value for money</p>	<p>Byråkratisk hvis hvert programs regelsæt, procedurer håndhæves</p> <p>Besværlig beslutningsproces</p>	<p>Etableret koordineringsarena</p> <p>EUDP lovgrundlag indeholder forpligtelse til en vis koordinering.</p> <p>Fremhæves i VTUs Grøn forskning</p> <p>SPIR i regi af DSF og RTI</p> <p>Det nordiske topforskningsinitiativ flere ERAnet</p> <p>EERA joint programming, flere ERA-net</p> <p>Eksisterende partnerskaber, innovationskonsortier</p>

Fokus	Virkemidler	Karakteristik	Effekt	Uønsket effekt	Sammenhæng med eksisterende tiltag
Særlige indsatsområder	Samfundsvidenskabelig forskning i energisektoren , eksempelvis: <ul style="list-style-type: none"> a. Udviklingstræk i europæisk og international energi- og klimapolitik b. Rammebetingelser for energiteknologisk innovationer og markedsudbredelse c. Udvikling af modeller, virkemidler og værktøj til at nå de energipolitiske mål. d. Nye forretningsmodeller, IPR, accept mv. 	<p>Særsilt pulje til samfundsvidenskabelig forskning i energisektoren</p> <p>Kan organiseres som Joint Programming</p>	Ny viden, kompetenceopbygning og bedre forståelse for energisektor, energi- og klimapolitik, rammer for energiteknologiske innovationer, globale energi- og energiteknologiske markeder, IPR mv.	Nedprioritering af samfundsvidenskabelige komponenter i store forskningscentre, partnerskaber mv.	Er lavt prioriteret i programmerne.
Offentlige FUD investeringer	0,1 af BNP (matches med min. tilsvarende private midler), fordelt på: <ul style="list-style-type: none"> a. 1/3 DSF b. 1/3 EUDP c. 1/3 PSO 	<p>Politisk fastsat mål om %-del af BNP til FUD.</p> <p>Tentativ fordeling på tre hovedprogrammer med forskelligt fokus.</p> <p>PSO kan udvides til også at gælde fjernvarme.</p>	Kontinuitet og forudsigbarhed i off. investeringer	Nogen uklarhed mellem finanslovsbevillinger og PSO	Alle programmer eksisterer

Fokus	Virkemidler	Karakteristik	Effekt	Uønsket effekt	Sammenhæng med eksisterende tiltag
Internationalt samspil	Øremærke op til 20% programmidler til internationalt samarbejde.	Øremærke midler til internationalt samarbejde, f.eks. ERA-net, Joint Programming, mv.	Prioritere internationalt samarbejde	Administrativt ressourcekrævende	Eksisterende lovgrundlag for DSF
Andet	Analyse af kompetence- og uddannelsesindsats indenfor energisektor	Systematisk analyse af vilkår og rammer for uddannelsesindsats, herunder internationalisering	Matche industriens og videnmiljøernes arbejdskraft behov		

